

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA**

JULIANA CORDEIRO DE MELO

**COMPARAÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE
DETERMINAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO E
SUAS CORRELAÇÕES COM O DESEMPENHO
AERÓBIO EM NADADORES ADOLESCENTES**

Campinas
2006



JULIANA CORDEIRO DE MELO

**COMPARAÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE
DETERMINAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO E
SUAS CORRELAÇÕES COM O DESEMPENHO
AERÓBIO EM NADADORES ADOLESCENTES**

Dissertação de Mestrado apresentada à
Pós-Graduação da Faculdade de
Educação Física da Universidade
Estadual de Campinas para obtenção do
título de Mestre em Educação Física.

Orientadora: Prof^ª Dra Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil

Campinas
2006

**BIBLIOTECA CENTRAL
DESENVOLVIMENTO
COLEÇÃO
UNICAMP**

UNIDADE BC
Nº CHAMADA TUNICAMP
M491c
V _____ EX _____
TOMBO BCI 70074
PROC 16-123-06
C _____ D X
PREÇO 11,00
DATA 22/09/06
Nº CPD _____

BIB ID: 287662

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA FEF – UNICAMP

M491c Melo, Juliana Cordeiro de.
Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e suas correlações com o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes / Juliana Cordeiro de Melo. - Campinas, SP: [84p], 2006.

Orientadora: Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil.
Dissertação (mestrado) – Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.

1. Limiar anaeróbio. 2. Lactato. 3. Velocidade. 4. Capacidade aeróbica. 5. Nadadores. 6. Adolescentes. I. Chacon-Mikahil, Mara Patrícia Traina. II. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Física. III. Título.

(asm/fef)

Título em inglês: Comparison between protocols of determination of the anaerobic threshold and its correlations with aerobic performance in adolescent swimmers.

Palavras-chaves em inglês (Keywords): Anaerobic threshold; Lactate; Velocity; aerobic capacity; Swimmers; Adolescent.

Área de Concentração: Ciência do Desporto.

Titulação: Mestrado em Educação Física

Banca Examinadora: Camila Coelho Greco. Orival Andries Junior. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil.

Data da defesa: 14/07/2006.

Programa de Pós-Graduação: Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Educação Física. Programa de Pós-Graduação em Educação Física.

JULIANA CORDEIRO DE MELO

**COMPARAÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE
DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO E
SUAS CORRELAÇÕES COM O DESEMPENHO
AERÓBIO EM NADADORES ADOLESCENTES**

Este exemplar corresponde à
redação final da dissertação de
Mestrado defendida por Juliana
Cordeiro de Melo e aprovada pela
Comissão Julgadora em 14/07/2006.



Profª Dra Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil

Campinas
2006

2006.07.14

COMISSÃO JULGADORA

Prof^ª Dra. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil
Orientadora

Prof^ª Dra. Camila Coelho Greco

Prof. Dr. Orival Andries Junior

Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus, pela minha vida, saúde, proteção e sabedoria. A minha mãe Selma de Melo, pelo incentivo e esforço realizado para que eu concretizasse um sonho. Ao meu noivo Leandro Ricardo Altimari, pela presença constante em todos os momentos da realização desse trabalho.

Agradecimentos

Agradeço a minha orientadora Prof. Dra. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil por ter acreditado e incentivado meu potencial acadêmico, por ter me dado a oportunidade de concretizar mais uma etapa profissional, sendo presente na realização do meu trabalho e em muitos momentos vividos dentro da instituição. Agradeço a sua amizade!

Ao professor Dr. Edilson Serpeloni Cyrino, incansável incentivador, o qual tenho como referência de vida pessoal e profissional, pela dedicação ao nosso grupo de estudo e pelo eterno apoio concedido a minha carreira.

Aos professores Dr. Orival Andries Junior e Dra. Camila Coelho Greco, profissionais que tenho profunda admiração, por terem aceitado fazer parte da comissão julgadora, contribuindo fortemente para a execução da dissertação.

Aos companheiros do Laboratório de Fisiologia do Exercício que foram solidários comigo durante todo o processo, além de proporcionar ricos momentos de discussão acadêmica e científica. Especialmente à amiga Andréia Gulak, pela disposição e valiosa ajuda na realização das coletas de dados e pela amizade e confiança depositadas em mim.

Ao Prof. Dr. Benedito Sérgio Denadai, do Laboratório de Performance Humana - UNESP/Rio Claro, por ter possibilitado a análise do lactato sanguíneo e ao colega Tiago Rezende Figueira pelo auxílio nas análises.

À Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas, ao CNPq pelo investimento na minha capacitação profissional e a CPG-FEF/UNICAMP pelo apoio financeiro.

Ao Tênis Club de Campinas e ao técnico Cabral, que disponibilizaram todo o espaço físico necessário para a execução do experimento. Aos atletas do Tênis Club, que participaram voluntariamente como indivíduos desse estudo.

Ao corpo docente e aos funcionários da Faculdade de Educação Física da Unicamp, pelo convívio e pelos auxílios prestados durante a realização do curso.

Aos amigos Alexandre Hideki Okano e Claudinei Ferreira dos Santos, pela amizade cultivada ao longo dos últimos anos.

Aos amigos do Grupo de Estudo em Metabolismo, Nutrição e Exercício por acreditarem em meu trabalho e pela valiosa parceria acadêmica.

À minha avó Judith Cordeiro de Melo, eterna incentivadora e amiga.

À minha mãe Selma de Melo, que fez o possível e o impossível para que eu chegasse até aqui. Meu referencial de vida!

Por fim, agradeço ao Leandro Ricardo Altimari, pela dedicação, amor e exemplo que tem me prestado em todas as etapas da minha vida.

MELO, Juliana Cordeiro. **Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e suas correlações com o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes.** 2006. 84. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

RESUMO

Os objetivos do presente estudo foram comparar a velocidade de limiar anaeróbio (VLAn) obtida a partir de concentrações fixas de lactato (4 e 3,5 mM), a velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) e a velocidade crítica (VC) determinada através de diferentes distâncias e, analisar a correlação dos protocolos citados anteriormente com o desempenho nos 400 metros (s) em nadadores adolescentes. Fizeram parte da amostra 15 nadadores (10 meninos = 14,8 ± 0,6 anos e 5 meninas = 14,6 ± 0,8 anos) de nível nacional. A velocidade de LAn foi determinada através de metodologia similar a proposta por MADER et al. (1978), utilizando-se concentrações de lactato sanguíneo de 4 mM (VLAn 4 mM) e 3,5 mM (VLAn 3,5 mM). Para a determinação da VLac_{min}, foram adotados os procedimentos propostos por RIBEIRO et al. (2003). A VLac_{min} foi considerada aquela com a menor concentração sanguínea de lactato durante a fase progressiva do teste. A VC1 (50/100/200m), VC2 (100/200/400m), VC3 (50/100/200/400m) e VC4 (200/400m) foram determinadas através da inclinação (b) da reta de regressão linear entre as distâncias e os respectivos tempos obtidos em cada repetição (WAKAYOSHI et al., 1992), sendo os tiros realizados em ordem aleatória durante as sessões de treinamento, com uma tentativa por sessão. Todos os testes foram realizados em uma piscina de 25 m, sendo realizadas de sete ou oito avaliações com intervalo de 24 a 48 horas entre as mesmas. Para tratamento dos dados foi utilizado análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguido do teste *post hoc* de Scheffé e o coeficiente de correlação de Pearson. Os níveis de significância adotados foram de $P < 0,01$. A VLAn 4 mM e a VC1 não apresentaram diferenças significantes entre si ($1,34 \pm 0,05$ vs. $1,33 \pm 0,05$ m.s⁻¹, respectivamente). Contudo, a VLAn 4 mM e a VC1 foram significantemente maiores que a VLAn 3,5 mM ($1,28 \pm 0,04$ m.s⁻¹), VLac_{min} ($1,27 \pm 0,05$ m.s⁻¹), VC2 ($1,26 \pm 0,06$ m.s⁻¹), VC3 ($1,27 \pm 0,06$ m.s⁻¹) e VC4 ($1,25 \pm 0,07$ m.s⁻¹). Não foram observadas diferenças significantes entre a VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4. As correlações entre a VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, e o desempenho nos 400 m (s) foram de $r = -0,63$, $r = -0,90$ e $r = -0,91$, respectivamente. As correlações entre a VC1, VC2, VC3, VC4 e o desempenho nos 400 m (s) foram de $r = -0,62$, $r = -0,97$, $r = -0,98$ e $r = -0,94$, respectivamente. Todas as correlações foram significantes. A partir dos resultados obtidos neste estudo, sugere-se que o LAn determinado a partir da concentração fixa de lactato de 3,5 mM, bem como os métodos de Lac_{min} e VC obtida a partir de distâncias maiores, parecem ser os mais adequados índices de avaliação da capacidade aeróbia, e também de predição do desempenho aeróbio em nadadores adolescentes.

Palavras-Chave: limiar anaeróbio; lactato mínimo; velocidade crítica; desempenho aeróbio; nadadores adolescentes.

MELO, Juliana Cordeiro. **Comparison between protocols of determination of the anaerobic threshold and yours its correlations with aerobic performance in adolescent swimmers.** 2006. 84. Dissertação (Mestrado em Educação Física)-Faculdade de Educação Física. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

ABSTRACT

The objectives of the present study were to compare the anaerobic threshold speed (S_{AT}) obtained from fixed lactate blood concentration (4 e 3.5 mM), the lactate minimum speed (S_{Lacmin}) and the critical swimming speed (CSS) determined by different distances and to analyze the correlation of the protocols mentioned previously with the performance in 400 meters (s) in adolescent swimmers. The sample was constituted by fifteen swimmers (10 boys = 14.8 ± 0.6 years old and 5 girls = 14.6 ± 0.8 years old) of national level. The S_{AT} was determined using the protocol proposed by Mader et al. (1978), using a fixed lactate blood concentration of 4 mM (S_{AT} 4 mM) and 3.5 mM (S_{AT} 3.5 mM). For the determination of S_{Lacmin} the procedures adopted were proposed by RIBEIRO et al. (2003). The S_{Lacmin} was defined as the lowest blood lactate value measured during the graded phase of the test. The CSS1 (50/100/200 m), CSS2 (100/200/400 m), CSS3 (50/100/200/400 m) and CSS4 (200/400 m) were determined using the slope of the linear regression between the swimming distances and the time taken to swim them (WAKAYOSHI et al., 1992). During the training sessions, the participants swam one event per day in random order. All the tests were accomplished in a 25 m swimming pool, where the subjects participated in 7 or 8 test session with intervals of 24 to 48 hours. For treatment of data the analysis of variance was used (ANOVA) for repeated measures followed by the *post hoc* Scheffé test and Pearson correlation coefficients. Significance was set at $P < 0.01$. There were no significant differences among the values for S_{AT} 4 mM and CSS1 (1.34 ± 0.05 vs. 1.33 ± 0.05 m.s⁻¹, respectively). However, the S_{AT} 4 mM and CSS1 were significant higher than the S_{AT} 3.5 mM (1.28 ± 0.04 m.s⁻¹), S_{Lacmin} (1.27 ± 0.05 m.s⁻¹), CSS2 (1.26 ± 0.06 m.s⁻¹), CSS3 (1.27 ± 0.06 m.s⁻¹) and CSS4 (1.25 ± 0.07 m.s⁻¹). There were no significant differences among the values for S_{AT} 3.5 mM, S_{Lacmin} , CSS2, CSS3 and CSS4. The correlations between S_{AT} 4 mM, S_{AT} 3.5 mM, S_{Lacmin} and the performance in 400 m (s) were $r = -0.63$, $r = -0.90$ e $r = -0.91$, respectively. The correlations between CSS1, CSS2, CSS3, CSS4 and the performance in 400 m (s) were $r = -0.62$, $r = -0.97$, $r = -0.98$ e $r = -0.94$, respectively. All of the correlations were significant. The results obtained in this study, suggest that the anaerobic threshold determined by a fixed lactate concentration of 3.5 mM, as well as Lac_{min} and CS methods determined by different distances, seem to be the most appropriate indexes of evaluation of the aerobic capacity, and also of prediction of aerobic performance in adolescent swimmers.

Keywords: anaerobic threshold; lactate minimum; critical speed; aerobic performance; adolescent swimmers.

SUMÁRIO

1 Introdução	01
2 Referencial teórico.....	04
2.1 Aspectos teóricos específicos da natação.....	04
2.2 Lactato sanguíneo em crianças e adolescentes.....	05
2.3 Índices fisiológicos de avaliação aeróbia.....	08
2.3.1 Máximo estado estável de lactato.....	09
2.3.2 Limiar anaeróbio.....	12
2.3.3 Velocidade crítica.....	17
3 Objetivos.....	22
4 Resultados.....	23
4.1 Artigo original 1.....	24
4.2 Artigo original 2.....	45
5 Conclusões.....	61
Referências.....	63
Apêndices.....	80
Anexos.....	83

1 Introdução

Há algum tempo, tem se buscado índices que possam avaliar a aptidão aeróbia e, simultaneamente, possibilitar a prescrição adequada da intensidade do treinamento, sobretudo, de atletas. Desse modo, tem sido sugerido pela literatura, índices como o consumo máximo de oxigênio ($VO_2\text{max}$) e o limiar anaeróbio (LAN) (BASSET JR.; HOWLEY, 2000).

Entretanto, as limitações impostas pelo uso do $VO_2\text{max}$ tem levado a uma ampla utilização do LAN na área de ciências do esporte, sobretudo para a prescrição da intensidade do treinamento, controle dos efeitos do treinamento e predição do desempenho aeróbio de atletas (WELTMAN, 1995; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

Na natação, onde os atletas iniciam muito cedo os programas intensivos de treinamento e as avaliações, torna extremamente interessante a análise e validação de diferentes protocolos para a determinação do LAN.

Apesar de protocolos envolvendo lactato sanguíneo serem usados no meio esportivo há décadas, principalmente na avaliação de nadadores, esta é uma área muito controversa, tanto no nível básico quanto aplicado (SMITH; NORRIS; HOGG, 2002).

Segundo Beneke (2003) e Billat *et al.* (2003), a avaliação do máximo estado estável de lactato (MEEL), que considera a maior estabilidade da concentração sanguínea de lactato durante o exercício prolongado, tem sido aceita como a melhor forma de identificação do limiar anaeróbio (LAN). Contudo, a determinação do LAN a partir de métodos invasivos pode apresentar algumas dificuldades, pois exige coleta de sangue e a utilização de equipamentos específicos, o que torna necessário a busca de protocolos mais eficientes e de baixo custo, e que não precisem de coleta de sangue.

Alguns autores têm sugerido a adoção de métodos que utilizam concentrações fixas de lactato (MADER *et al.*, 1976; MADER *et al.*, 1978). Contudo, esses métodos têm recebido críticas por não considerar a cinética do lactato individualmente (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981), e por seus resultados sofrerem influência da disponibilidade prévia de glicogênio muscular (REILLY; WOODBRIDGE, 1998). Além disso, Heck *et al.* (1985) demonstram que a escolha da concentração de lactato para determinar a intensidade correspondente ao LAN, é dependente da duração dos estágios.

Por outro lado, Tegtbur, Busse e Braumann (1993) segerem a aplicação do teste de lactato mínimo (Lac_{min}) para a avaliação individual do LAn, pois além de não ter seus resultados afetados pela depleção prévia de glicogênio, o teste de Lac_{min} apresenta objetividade na sua estimativa.

Considerando que o LAn obtido a partir dos métodos descritos anteriormente são invasivos, exigem coleta de sangue, bem como utilização de equipamentos caros, é importante a busca de métodos alternativos com o propósito de substituí-los. Nesse sentido, a potência crítica (PC) tem sido apontada como um dos índices de maior potencial para a avaliação da performance aeróbia e predição do LAn (HILL, 1993; VANDEWALLE *et al.*, 1997; WALSH, 2000).

À cerca de uma década atrás, Wakayoshi *et al.* (1992a) estenderam o conceito de PC proposto por Monod e Scherrer (1965) para a natação, e propuseram o termo velocidade crítica (VC) como sendo a velocidade de nado que teoricamente poderia ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Além de ser de fácil aplicabilidade, a VC apresenta vantagens importantes por não exigir coleta de sangue.

Ampliando, ainda, a possibilidade de aplicação desta metodologia, alguns trabalhos observaram que a VC parece não sofrer influência do nível de performance (DENADAI; GRECO; TEIXEIRA, 2000) e da idade cronológica (DENADAI; GRECO; DONEGA, 1997; GRECO *et al.*, 2002a; GRECO *et al.*, 2003).

Devido a essas facilidades, a utilização da VC em nadadores adolescentes, tem recebido cada vez mais atenção por parte de pesquisadores. Contudo, ainda são poucos os estudos que verificaram a validade deste índice para esta população específica.

Hill, Steward e Lane (1995) sugerem a utilização da VC na avaliação do desempenho aeróbio de nadadores jovens (8 a 18 anos). Estudos posteriores, envolvendo esta população, tem confirmado a validade deste método para a obtenção do LAn (DENADAI; GRECO, 1997; DENADAI; GRECO; DONEGA, 1997; DENADAI; GRECO; TEIXEIRA, 2000; GRECO *et al.*, 2002a; GRECO *et al.*, 2002b; GRECO *et al.*, 2003).

Mais recentemente, Greco e Denadai (2005) analisaram a relação entre a VC e a velocidade de nado no teste de 30 minutos (T30) em sujeitos do sexo masculino e feminino de 10 a 12 anos e de 13 a 15 anos, e não verificaram diferenças significantes entre a VC e o T30 nos nadadores mais jovens, bem como nos nadadores mais velhos, sugerindo a utilização da VC na avaliação de capacidade aeróbia de nadadores jovens.

Todavia, alguns estudos com nadadores adolescentes, têm sugerido que a VC superestima a intensidade de nado supostamente correspondente ao MEEL (MELO *et al.*, 2003; RIBEIRO *et al.*, 2004b).

Recentemente, Greco *et al.* (2003) demonstraram que a relação entre a VC e o LAn 4 mM é dependente da distância empregada na determinação da VC. Segundo estes autores, a combinação de distâncias menores na predição da VC em nadadores jovens, determinaram valores significativamente maiores de VC, quando comparado a combinações que envolveram maiores distâncias. Este comportamento tem sido observado em outras modalidades, como a canoagem (FONTES *et al.*, 2002) e o ciclismo (HIYANE *et al.*, 2004). Por sua vez, a utilização de menores distâncias na predição da VC, parece provocar subestimação da capacidade de trabalho anaeróbio e estimativas superestimadas de VC, a qual, de fato, tem se mostrado em alguns estudos superior ao MEEL (JENKINS; QUIGLEY, 1990; DEKERLE *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2003).

2 Referencial Teórico

2.1 Aspectos teóricos específicos da natação

A natação é uma das modalidades esportivas mais populares em todo o mundo, sendo praticada com inúmeras finalidades (lazer, reabilitação, prevenção, competição). A natação com finalidade competitiva, assim como em outras modalidades, exige que os atletas busquem incessantemente a superação de marcas.

Portanto, o objetivo de um atleta de natação é nadar a distância completa de sua prova em um mínimo de tempo possível. Desta forma, o nadador procurará obter a máxima velocidade média possível em função do tempo e da distância percorrida (HAY, 1981).

Nesse sentido, muitos fatores fisiológicos e biomecânicos têm contribuído para evolução da velocidade média nas provas de natação, bem como fatores relacionados as alterações nos regulamentos; as melhorias nas condições das piscinas e da água; as novas formas e texturas das roupas de banho usadas pelos nadadores, minimizando os efeitos da resistência; o maior número de participantes; o controle eletrônico do tempo (PYNE; LEE; SWANWICK, 2001; SMITH; NORRIS; HOGG, 2002).

Adicionalmente, outros fatores fundamentais podem ser inseridos nesse contexto, sendo denominados como fatores intrínsecos, dentre os quais destacam-se: melhores métodos de treinamento; treinadores mais bem informados; técnicas de nado; saídas e viradas aprimoradas; e melhores condições psicológicas durante os períodos de treinamento e competições (LAVOIE; NADEAU, 1985; SKINNER, 1987).

A curiosidade natural e o interesse dos pesquisadores, vem fazendo com que os fatores citados anteriormente sejam objeto de estudo, sobretudo, nos últimos vinte anos. Além de complexos e específicos a cada situação e apesar da dificuldade de serem medidos e avaliados, alguns fatores têm sido mais explorados no meio acadêmico, como por exemplo, a habilidade de diferentes grupos de nadadores e a mecânica de nado, que podem explicar as diferenças em forma de eficiência técnica dos mesmos.

Sendo assim, a partir da década de 60, a produção de trabalhos científicos envolvidos com a natação evoluiu em várias áreas, como, Biomecânica, Cineantropometria,

Fisiologia do Exercício, Treinamento Esportivo, entre outros (SKINNER, 1987, PYNE; LEE; SWANWICK, 2001; SMITH; NORRIS; HOGG, 2002).

Considerando estas duas ultima áreas, sua contribuição tem se ocupado em propor, validar e utilizar diferentes testes de controle para otimizar as planificações de treinamento, que muito tem contribuído para as metas estabelecidas por esta modalidade esportiva.

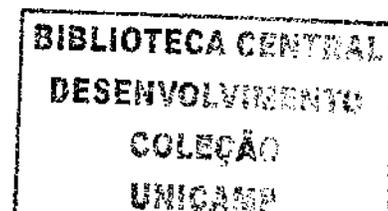
Desta forma, após apresentarmos algumas características relacionadas ao comportamento da via glicolítica em crianças durante o exercício e treinamento físico, apontaremos nesta revisão de literatura, estudos e protocolos específicos para o controle e melhoria do desempenho dos atletas da modalidade em questão.

2.2 Lactato sangüíneo em crianças e adolescentes

Estudos usando diferentes métodos de investigação têm demonstrado que ocorrem mudanças no metabolismo anaeróbio láctico durante o crescimento. Nesse sentido, o lactato sangüíneo e muscular, a atividade enzimática glicolítica, o débito e o déficit de oxigênio, a "performance" de potência máxima em exercícios de curta duração e a velocidade máxima em testes de campo, aumentam gradativamente da infância à fase adulta (ERICKSSON, 1980; PATERSON; CUNNINGHAM; BUMSTEAD, 1986). Vale destacar que a puberdade é o período-chave das mudanças no metabolismo anaeróbio láctico de garotos (ERICKSSON; GOLLNICK; SALTIN, 1973; PATERSON *et al.*, 1986).

Em comparação com adultos, crianças e adolescentes são mais deficitários quanto ao metabolismo anaeróbio, diferença que parece ter determinantes fundamentais de natureza bioquímica, pois a concentração máxima de lactato no músculo e no sangue destes é mais baixa do que no adulto, da mesma forma que a taxa de glicólise anaeróbia (SOBRAL, 1988).

Ericksson, Karlsson e Saltin (1971) encontraram relação significativa entre o volume testicular e o lactato muscular no consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) em oito garotos com idade de 13 anos. Nesse mesmo estudo, foi observado que em uma mesma intensidade de exercício, garotos pré-púberes apresentaram valores de concentração de lactato nos músculos 35% inferiores aos observados em adultos. Da mesma forma, Sobral (1988)



observou em jovens esportistas, elevações progressivas da lactacidemia entre os 12 e os 15 anos, sem diferenças significantes entre os garotos e garotas, apesar dos valores encontrados ainda terem sido inferiores aos encontrados em adultos.

Segundo Tanaka e Shindo (1985), a concentração de lactato sanguíneo, em geral, poderia ser afetada pela taxa de formação de lactato e acúmulo durante a contração muscular; fluxo de lactato do músculo para o sangue; remoção de lactato do sangue pelo coração, fígado, em músculos ativos ou em repouso, e rins.

Apesar da falta de informações sobre o comportamento da taxa de fluxo e remoção de lactato em crianças, há indicativos baseados no déficit de oxigênio e perfil metabólico muscular de que, em crianças, existe uma menor formação e acúmulo de lactato para a mesma carga de trabalho relativo quando comparado com adultos (TANAKA; SHINDO, 1985). Nesse sentido, foi demonstrado que o nível de lactato durante carga submáxima, está relacionado à quantidade de déficit de oxigênio, isto é, quanto mais tempo o organismo levar para se ajustar a uma nova carga de trabalho, maior será o acúmulo de lactato, assim, ambos, concentração de lactato sanguíneo e déficit de oxigênio na mesma carga de trabalho relativo, são menores em garotos do que em adultos (TANAKA; SHINDO, 1985).

Com relação ao perfil metabólico muscular, a atividade da succinato-desidrogenase (SDH) na musculatura esquelética de garotos de 11 a 13 anos, como relatado por Ericksson *et al.* (1973), é mais alta do que a observada em adultos não treinados. Em adição, o estudo de Ericksson e Saltin (1974), com garotos de 11 e 16 anos, mostrou que a atividade da fosfofrutquinase (PFK), uma enzima reguladora da glicólise anaeróbia, apresentou-se de forma mais baixa na musculatura esquelética dos garotos quando comparados com adultos. Portanto, a atividade mais baixa da PFK nos garotos é uma das prováveis causas do pico de concentração de lactato ser mais baixo.

Uma outra explicação para o comportamento dos níveis de lactato de crianças e adolescentes baseia-se na hipótese de uma relação entre o estado da maturação e a lactacidemia. Esta hipótese decorre de experimentação animal, tendo sido verificada uma associação direta entre a taxa de produção de lactato e a testosterona circulante (KROTKIEWSKI; KRAL; KARLSSON, 1980).

Segundo Pfitzinger e Freedson (1997a), a capacidade de gerar altas concentrações de lactato durante o exercício, pode ser devido à idade, e essa relação, em parte, é

devida às diferenças no estágio de maturação sexual. Esses mesmos autores relatam haver menores evidências dessa tendência em garotas do que em garotos, entretanto, ambos apresentam concentrações de lactato similares durante a puberdade, onde o ponto de concentração de lactato passa a aumentar mais nos garotos.

Duas outras explicações também têm sido apontadas para a deficiência do metabolismo anaeróbio da criança e do jovem adolescente. A primeira remete para uma concentração e taxa de utilização mais baixa do glicogênio muscular antes da puberdade, o que constitui uma desvantagem em situações de desempenho máximo com 10 a 60 segundos de duração (INBAR; BAR-OR, 1986), ao passo que a segunda, aponta para a menor atividade da enzima fosforilase (SOBRAL, 1988).

Com relação ao MEEL, o ponto de equilíbrio entre a produção e a remoção do lactato – e que, presumivelmente, representa a carga de trabalho submáxima mais alta que pode ser realizada pelo metabolismo do sistema oxidativo – e os valores fixos de lactato de 4 mM (MADER et al., 1978; HECK *et al.*, 1985), não apresentam uma alta correlação em crianças (WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991). No entanto, o consumo de oxigênio e a frequência cardíaca correspondente a 2,5 mM em crianças não diferem significativamente daquelas mensuradas no MEEL. Por essa razão, Tolfrey e Armstrong (1995) têm sugerido que a concentração de 2,5 mM de lactato em crianças pode ser usada de maneira similar aos valores de 4 mM em adultos.

Contudo, Beneke *et al.* (1996) relatam variação da concentração de lactato sanguíneo em crianças na intensidade de MEEL entre 2,1 e 5 mM. Assim, a avaliação da aptidão aeróbia de crianças e adolescentes a partir da resposta do lactato sanguíneo deve ser realizada com cautela, uma vez que a variabilidade interindividual do lactato passa a ser relativamente grande.

Considerações motivacionais também podem desempenhar papel importante nas menores concentrações de lactato observadas em crianças, pois elas apresentam menor motivação para exercitar-se em esforço máximo e menor comodidade nos protocolos de teste quando comparado aos adultos (CUMMING; HASTAMN; CORT, 1985).

Estudo de revisão de Pfitzinger e Freedson (1997b) relata amplamente a relação entre idade cronológica ou estágio de maturação sexual e concentrações de lactato pico. Essas informações têm indicado de que modo a capacidade glicolítica das crianças se altera com o crescimento e o desenvolvimento, e vão ao encontro das informações descritas neste estudo.

Conforme relatado de estudos anteriores, o aumento na concentração de lactato pode estar atrelado ao aumento da idade e da maturação, entretanto, não pode ser separado ao efeito do treinamento. Pfitzinger e Freedson (1997b) encontraram aumento na capacidade glicolítica de adultos através do treinamento intervalado, enquanto o treinamento de endurance mostrou efeitos mínimos. Em adição, Ericksson (1973), investigando doze garotos de 11 a 13 anos, que treinaram três vezes por semana, durante dezesseis semanas, combinando treinamento de endurance com treinamento intervalado, encontrou valores máximos médios de concentração de lactato de $8,0 \pm 0,5$ mM no pré-treinamento e de $9,5 \pm 0,7$ mM no pós-treinamento, indicando que a combinação destes tipos de treinamento para o grupo de crianças estudado, aumentou a tolerância a execução de esforços mais intensos, com maior participação glicolítica.

Além do metabolismo do lactato ser naturalmente complexo, talvez as menores concentrações de lactato em crianças devem-se a uma interação de diversos fatores e não apenas de um fator primário. Gladden (1989) supõem que, já que o lactato é produzido e oxidado dentro do músculo esquelético, e tem sido encontradas menores taxas de enzimas glicolíticas e oxidativas nas crianças, é plausível crer que as crianças produzem menos lactato que adultos em exercício máximo, porém, elas podem oxidar lactato mais rapidamente e por isso, não acumulam concentrações máximas de lactato.

O fato das taxas de enzimas glicolíticas e oxidativas das crianças serem alteradas pode explicar, em parte, as menores concentrações de lactato observadas quando comparadas aos adultos, pois elas tendem a oxidar mais piruvato e reduzir o lactato. Não obstante, as crianças podem ter maior diluição de lactato difundido no músculo esquelético, dentro do sangue, devido ao maior conteúdo de água total comparado aos adultos (PFITZINGER; FREEDSON, 1997a; ARMSTRONG; WELSMAN, 1994).

2.3 Índices fisiológicos de avaliação aeróbia

Há algum tempo, tem se buscado índices que possam avaliar a aptidão aeróbia e, simultaneamente, possibilitar a prescrição adequada da intensidade do treinamento, sobretudo, de atletas. Nesse sentido, o VO_2 max tem sido, ao longo dos anos, o índice mais utilizado para o estudo do metabolismo aeróbio, haja vista sua importante relação com o desempenho,

particularmente em esforços físicos prolongados sob intensidade moderada (BASSET JR.; HOWLEY, 2000).

O $VO_2\text{max}$ foi o parâmetro proposto inicialmente como padrão ouro, indicando a mais alta captação de oxigênio alcançada por um indivíduo, respirando ar atmosférico ao nível do mar (ASTRAND; RODAHL, 1986). Apesar deste índice ser utilizado como preditor da potência aeróbia e do desempenho em atletas, prescrição e acompanhamento do treinamento, o mesmo não tem apresentado boas correlações com o desempenho em provas de média distância (400 m) na natação (RIBEIRO *et al.*, 1990). Resultados similares têm sido relatados em estudos envolvendo crianças, embora observa-se níveis variados de correlação com o desempenho aeróbio (CYRINO *et al.*, 2002; TOMKINSON *et al.*, 2003). Além disso, relatos na literatura indicam que o $VO_2\text{max}$, por ser máximo, parece ser influenciado pelo débito cardíaco máximo (SALTIN; STRANGE, 1992), bem como pela genética (KLISSOURAS, 1971; KLISSOURAS; PIRNAY; PETIT, 1973).

Segundo Beneke (2003), a avaliação do MEEL, que considera a maior estabilidade da concentração sanguínea de lactato durante o exercício prolongado, tem sido aceita como a melhor forma de identificação do LAn. No entanto, a comparação de dados publicados sobre o MEEL é complicada, pois são utilizadas diferentes metodologias para sua determinação (BILLAT *et al.*, 2003). Em adição, a determinação da MEEL se torna dispendiosa uma vez que necessita de muito tempo para sua obtenção, pois exige que o avaliado seja submetido a vários testes. Considerando as limitações impostas pela utilização do $VO_2\text{max}$ e a determinação do MEEL, o limiar anaeróbio (LAn) tem sido amplamente empregado, uma vez que é considerado um referencial extremamente interessante para a prescrição da intensidade do treinamento, controle dos efeitos do treinamento, predição do desempenho aeróbio, bem como avaliação da capacidade aeróbia de sujeitos ativos, sedentários e atletas (WELTMAN, 1995; PYNE; LEE; SWANWICK, 2001; SVEDAHL; MACINTOSH, 2003).

2.3.1 Máximo estado estável de lactato

O máximo estado estável de lactato (MEEL) é definido como a mais alta concentração de lactato sanguíneo e carga de trabalho que pode ser mantida por tempo prolongado sem um contínuo acúmulo de lactato sanguíneo (BILLAT *et al.*, 2003). A produção,

distribuição e remoção de lactato têm papéis igualmente importantes na concentração de lactato sanguíneo. A concentração de lactato no MEEL representa o ponto mais alto do equilíbrio entre a produção e remoção de lactato (BROOKS, 2002).

O conceito de MEEL foi inicialmente proposto na década de 60, usando entre cinco e oito testes de cargas constantes independentes para a sua determinação (MARGARIA; CERRETELLI; MANGILI, 1963). Posteriormente, para economizar tempo, este longo procedimento foi substituído pela determinação do limiar ventilatório (WASSERMAN; McLLORY, 1964) e do limiar de lactato, avaliado pela concentração de lactato sanguíneo usando protocolos de carga crescente ou estágio único a uma carga constante de longa duração (≥ 10 minutos) (DONAVAN; BROOKS, 1983). Contudo, a duração e a intensidade do incremento parecem influenciar o valor do limiar de lactato (YOSHIDA, 1984).

Mais recentemente, a determinação da carga de trabalho no MEEL tem sido correlacionada com o desempenho, o que não ocorre com a concentração de lactato sanguíneo no MEEL, indicando uma grande diferença inter-individual (BILLAT *et al.*, 2003). A comparação do MEEL, antes e depois do treinamento, determinada pela taxa de trabalho constante ou pela produção metabólica (VO_2), pode ser uma maneira para avaliar a influência das fibras adicionais do tipo II recrutadas nas fases de alta intensidade (quando a taxa de trabalho é constante) sobre a determinação da carga de trabalho no MEEL (BILLAT; SLAWINSKI; DANIEL, 2001).

O transporte de lactato sempre foi considerado passivo e responsável por 80% do transporte de lactato na transmembrana. Desde 1994, se tem conhecimento de que o lactato, assim como o piruvato, não são apenas transportados através do sarcoplasma, mas também através da matriz mitocondrial pelas proteínas transportadoras de mono-carboxylas (MCT). Um estudo conduzido por Lokkegaard, Pedersen e Juel (2001) não verificou correlação entre a concentração de MCT com o MEEL. Em contrapartida, Evertsen, Medbo e Bonen (2001) verificaram que a concentração de lactato sanguíneo, após uma corrida de 20 minutos na esteira até a exaustão, apresentou boa correlação com a concentração de MCT no músculo. Assim, não se pode desprezar o nível de estabilização da concentração de lactato, uma vez que este pode interferir no tempo sustentado no MEEL durante o exercício (BILLAT *et al.*, 2003).

A relação entre o aumento dos transportadores de lactato e a carga de trabalho no MEEL ainda não foi investigada. Similarmente, os efeitos do treinamento sobre os valores da concentração de lactato sanguíneo no MEEL ainda não foram claramente estabelecidos, uma vez

que estudos têm encontrado dados contraditórios em ratos na natação (GOBATTO; MELLO; SIBUYA, 2001), e em humanos em cicloergômetro (BERGMAN; WOLFEL; BUTTERFIELD, 1999; DENADAI *et al.*, 2004). O problema do MEEL é típico da necessidade de conciliar uma aproximação sistêmica e molecular para solucionar os mecanismos da melhora do desempenho através do treinamento (BILLAT *et al.*, 2003).

A comparação de dados publicados sobre o MEEL é complicada pelo fato de serem utilizadas diferentes metodologias para sua determinação. Essas dificuldades são ainda mais evidentes quando o grupo estudado é composto por crianças e adolescentes, uma vez que não existe um consenso na literatura sobre qual seria o melhor método para a determinação deste parâmetro.

Alguns autores (BENEKE *et al.*, 1996; MOCELLIN; HEUSGEN; KORSTEN-RECK, 1990; WILLIANS; ARMSTRONG, 1991) desenvolveram métodos de determinação do MEEL especialmente para crianças, baseados na suposição de que testes com durações relativamente curtas (10 a 20 minutos) parecem ser mais adequados à esta população especificamente, visto que as variações da concentração de lactato sanguíneo encontradas foram de 0,4 a 1,0 mM.

Entretanto, Beneke (2003), ao analisar o potencial de determinação do MEEL em 26 homens ($24,0 \pm 5,6$ anos), observou que nenhum deles proporcionava um tempo adequado para a verificação de alterações na concentração de lactato sanguíneo. Logo, nenhum dos métodos investigados parece ser apropriado para a determinação do MEEL. Com base nessas informações, o autor sugere que testes de cargas constantes com duração de pelo menos 30 minutos, os quais a concentração de lactato sanguíneo aumenta não mais que 1 mM depois do décimo minuto de teste, parecem ser os mais adequados para a validade dos resultados do teste, uma vez que grande parte dos métodos adotados para a determinação do MEEL, não tem considerado adequadamente a cinética da concentração de lactato sanguíneo durante testes com cargas constantes e prolongadas.

Contudo, a concentração de lactato correspondente ao MEEL em crianças e adolescentes tem produzido resultados conflitantes. Enquanto Willians e Armstrong (1991) sugerem para a corrida um valor fixo de 2,5 mM, Mocellin, Heusgen e Korsten-Reck (1990) e Mocellin, Heusgen e Gildein (1991), também durante a corrida e Beneke *et al.* (1996), no ciclismo, verificaram concentrações próximas a 5 mM e 4,5 mM como correspondentes ao

MEEL, respectivamente. Mais recentemente, Almarwaey, Jones e Tolfrey (2004), demonstraram em um grupo de adolescentes (dezesesseis meninos e nove meninas), com idade média de 16 anos, que a velocidade de corrida, o percentual do VO_2 pico e da frequência cardíaca pico no MEEL, ocorreram próximos a concentração fixa de 2,5 mM ($2,70 \pm 1,30$ mM para os meninos e $2,30 \pm 0,50$ mM para as meninas) durante um teste em esteira rolante.

Estas discordâncias provavelmente podem ser explicadas pelo tipo de exercício (STEGMANN *et al.*, 1981), bem como pelos protocolos empregados para a determinação do MEEL (WILLIAMS; ARMSTRONG, 1991; MOCELLIN; HEUSGEN; GILDEN *et al.*, 1991; BENEKE *et al.*, 1996).

2.3.2 Limiar anaeróbio

O limiar anaeróbio (LAn) é um parâmetro fisiológico que indica a mais alta taxa metabólica na qual um sujeito pode se manter por um longo período de tempo em exercício (WELTMAN, 1995). O termo LAn foi proposto pela primeira vez em 1964, por Wasserman e Macllory, a partir de estudo que utilizou medidas ventilatórias e constatou que o início da acidose metabólica ocorria no mesmo instante que o aumento da ventilação pulmonar. Segundo Weltman (1995), por se tratar de um índice submáximo, o LAn consegue refletir adaptações ocorridas em nível periférico, particularmente em indivíduos treinados. Em adição, consegue ajustar as cargas de treinamento de maneira individualizada e apresenta alta correlação com o desempenho aeróbio (SJODIN; JACOBS, 1981). Ressalta-se que a capacidade de predição de desempenho parece não ser influenciada pelo treinamento aeróbio (TANAKA; MATSUURA, 1984), sexo (YOSHIDA *et al.*, 1990), nível de condicionamento (FARREL *et al.*, 1979) e doença cardiovascular (COYLE *et al.*, 1983).

Considerando que o LAn não retrata precisamente os eventos metabólicos solicitados durante o exercício, um grande número de terminologias têm sido empregadas para identificar fenômenos iguais ou semelhantes, associado a resposta do lactato sanguíneo. De forma geral, os métodos de determinação do LAn são divididos em duas categorias: invasivos e não invasivos (DENADAI, 1995).

A determinação direta da resposta do lactato sanguíneo (MADER *et al.*, 1976; KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979; STEGMANN; KINDERMANN; SCHINABEL, 1981;

WELTMAN *et al.*, 1990; TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993), bem como das catecolaminas plasmáticas (MAZZEO; MARSHAL, 1989), é realizada por métodos invasivos, onde existe a necessidade da coleta de sangue. Contudo, para dosagem de lactato sanguíneo, tanto o volume (aproximadamente 25 μ l é necessário em cada coleta), como a presença de procedimentos mínimos de higiene e assepsia (luvas, materiais de punção e coleta descartáveis), diminuem os riscos para a saúde, sendo freqüentemente aprovados por comitês de ética que avaliam este procedimento em projetos de pesquisa. Ainda assim, em grupos especiais como crianças e adolescentes, cuidados quanto ao esclarecimento ao participante e aos responsáveis, devem estar previstos (DENADAI, 2000).

Ressalta-se ainda, que as metodologias invasivas empregadas na determinação do LAn podem se utilizar de concentrações fixas de lactato (2 ou 4 mM) ou variáveis. As terminologias que utilizam concentrações fixas de 2 mM são: ponto de ótima eficiência respiratória (HOLLMANN, 1959), limiar anaeróbico (WASSERMAN; McLLORY, 1964), máximo estado estável (LONDEREE; AMES, 1975) e limiar aeróbico (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979). Enquanto as que utilizam concentrações fixas de 4 mM são conhecidas como: limiar aeróbico-anaeróbico (MADER *et al.*, 1976), limiar anaeróbico (KINDERMANN; SIMON; KEUL, 1979) e início do acúmulo de lactato sanguíneo (OBLA) (SJODIN; JACOBS, 1981).

HECK *et al.* (1985) justificam a escolha da concentração fixa de 4 mM, em função de que grande parte dos sujeitos apresenta nessa intensidade de exercício, o máximo balanço entre produção e remoção de lactato, embora a concentração de lactato correspondente a tal intensidade possa variar entre 3 e 5,5 mM.

Todavia, o emprego desta metodologia pode ser limitado pelas variações individuais observadas quanto às concentrações de lactato, bem como por não considerar a cinética do lactato individualmente (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981; HECK *et al.*, 1985), por seus resultados sofrerem interferência da disponibilidade prévia de glicogênio muscular (REILLY; WOODBRIDGE, 1998) e pela influência da dieta (YOSHIDA, 1984).

Mader *et al.* (1976) introduziram uma teoria de treinamento de “endurance” que era diferente dos métodos até então utilizados, e que acabou sendo associada ao termo limiar anaeróbico, uma vez que acreditavam que a “endurance” aeróbia poderia ser melhorada pelo treinamento a velocidades onde o metabolismo aeróbico era sobrecarregado, sobretudo, sem uma maior solicitação do metabolismo anaeróbico. A partir deste estudo foi sugerido que o LAn

poderia ser determinado por um número reduzido de esforços, interpolação dos resultados e concentrações fixas de lactato sanguíneo. Entretanto, Heck *et al.* (1985) demonstram que a escolha da concentração fixa de lactato para determinação da intensidade de LAN, é dependente da duração dos estágios, o que pode comprometer a utilização deste método. Segundo esses autores, protocolos incrementais e contínuos com estágios inferiores a cinco minutos, devem utilizar concentração fixa de 3,5 mM de lactato na determinação do LAN ao invés de 4 mM, uma vez que a utilização desta última pode superestimar a intensidade do LAN.

Por outro lado, também são relatadas na literatura outras metodologias que envolvem a utilização de concentrações variáveis de lactato, como: limiar de lactato (ponto de inflexão da curva de lactato) (IVY *et al.*, 1980; TANAKA; MATSUURA, 1984; WELTMAN *et al.*, 1990), o limiar anaeróbio individual (IAT) (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981), e o lactato mínimo (Lac_{min}) (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993). Vale lembrar que atualmente tanto o IAT como o Lac_{min} têm recebido destaque, particularmente porque permite a identificação do MEEL de maneira individualizada.

O IAT é definido como a taxa metabólica onde a distribuição do lactato sanguíneo durante o exercício é máxima e igual a taxa de remoção do lactato no sangue (STEGMANN; KINDERMANN; SCHNABEL, 1981). Baldarini e Guidetti (2000) sugerem que o MEEL também pode ser determinado pelo IAT. Em contrapartida, Schnabel, Kindermann e Schmitt (1982) relatam que apesar de terem encontrado valores de lactato arterial, depois de aumento inicial, estáveis em diferentes níveis (2,7 e 6 mM), em uma corrida em esteira por 50 minutos no IAT ($75 \pm 2\%$ do VO_2max), não foi possível provar de fato que o IAT representa o MEEL.

A avaliação individual do LAN também tem sido sugerida a partir da aplicação do teste de lactato mínimo (Lac_{min}) (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993). O protocolo consiste em uma sessão de exercício incremental iniciada após esforços de alta intensidade e curta duração, onde a menor concentração sanguínea de lactato durante a fase progressiva do teste representa, teoricamente, a maior intensidade de equilíbrio entre aparecimento e remoção de lactato sanguíneo.

Diferentes métodos têm sido empregados para determinar a velocidade de Lac_{min} ($VLac_{min}$). Enquanto muitos autores optam pelo ajuste da curva do lactato na intensidade de exercício a partir de uma função polinomial (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993;

CARTER; JONES; DOUST, 1999b; JONES; DOUST, 1998), outros, ao invés de usarem o modelo matemático, consideram a menor concentração de lactato sanguíneo obtida durante o teste (SIMÕES *et al.*, 1999; BACON; KERN, 1999). Estudos anteriores têm sugerido que a intensidade de Lac_{min} pode ser influenciada pelo procedimento matemático empregado em sua determinação (CARTER; JONES; DOUST, 1999a; CARTER; JONES; DOUST, 1999b; BACON; KERN, 1999).

Recentemente, Ribeiro *et al.* (2003) encontraram alta correlação entre a comparação da $VLac_{min}$ obtida por inspeção visual e por modelo matemático, função polinomial ($r=0,87$ e $r=0,98$, $P<0,05$), sugerindo a utilização de ambos os métodos na determinação da intensidade de Lac_{min} em nadadores. Isso foi confirmado posteriormente por Pardono *et al.* (2004), em um grupo de oito sujeitos fisicamente ativos, submetidos a teste Lac_{min} em cicloergômetro, onde foi constatado não haver diferenças significantes entre a intensidade de Lac_{min} (W) determinada por inspeção visual ou por modelo matemático (função polinomial), além de alta correlação ($r=0,85$, $P<0,01$).

Estudos prévios demonstram que o teste de Lac_{min} além de não ter seus resultados afetados pela depleção prévia de glicogênio, apresenta objetividade na sua estimativa (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993). Ressalta-se, no entanto, que a duração dos estágios (TEGTBUR; BUSSE; BRAUMANN, 1993) durante a fase incremental e a intensidade inicial (CARTER; JONES; DOUST, 1999b) do teste de Lac_{min} , parecem influenciar a intensidade de Lac_{min} , o que poderia explicar, pelo menos em parte, as controversas em relação a validade do Lac_{min} para identificação do MEEL (JONES; DOUST, 1998; BACON; KERN, 1999). Estudo de Higino e Denadai (1998), que envolveu um grupo de nove sujeitos treinados, submetidos a um único teste de corrida de 200 m na máxima velocidade e um teste de Wingate na bicicleta para a indução da acidose láctica, não encontrou diferença significativa na carga (W) referente ao Lac_{min} entre os dois testes e, além disso, os valores foram significativamente correlacionados ($r=0,78$; $P<0,05$), sugerindo que o tipo de exercício realizado previamente não interfere na intensidade (W) de esforço correspondente ao Lac_{min} .

Simões *et al.* (1998) constataram valores semelhantes entre a $VLA_{n 4 \text{ mM}}$ e a $VLac_{min}$ ($288,9 \pm 20,1$ vs. $285,2 \pm 19,7 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$, $P<0,05$, respectivamente) em doze atletas de atletismo, praticantes de provas de 5.000 e 10.000 m. Destaca-se neste estudo que a $VLA_{n 4 \text{ mM}}$ foi determinada a partir de duas séries submáximas de corrida de 1.200 m, que proporcionou

estágios com tempos aproximados de 4 minutos. Vale lembrar que não foram encontrados trabalhos na literatura que apresentassem análise comparativa entre os protocolos de determinação da intensidade correspondente ao LAn 4 mM e Lac_{min} na natação, o que limita as comparações.

Na natação, poucos são os estudos que têm empregado o teste de Lac_{min} para determinação do LAn. De acordo com Simões *et al.* (2000), que investigaram a relação entre a $VLac_{min}$ e o MEEL em um grupo de nadadores de ambos os gêneros, com idade média de $16,0 \pm 0,8$ anos, não foi constatada diferença significativa entre a $VLac_{min}$ e o MEEL ($65,3 \pm 5,6$ vs. $64,3 \pm 4,2$ m.min⁻¹, $P > 0,05$, respectivamente), além de alta correlação entre os índices ($r = 0,93$, $P < 0,01$).

Em estudo mais recente, Ribeiro *et al.* (2003) verificaram em um grupo de doze nadadores treinados de nível nacional, com idade média de $19,7 \pm 1,6$ anos, e que fizeram escolha independente da intensidade inicial, valores significativamente similares de $VLac_{min}$ determinada por estágios com distância de 300 m e o MEEL ($1,28 \pm 0,11$ vs. $1,25 \pm 0,06$ m.s⁻¹, $P > 0,05$, respectivamente). Neste mesmo estudo, quando a $VLac_{min}$ foi determinada por meio de estágios com distância de 200 m, esta se mostrou significativamente maior que o MEEL ($1,31 \pm 0,12$ vs. $1,25 \pm 0,06$ m.s⁻¹; $P < 0,05$, respectivamente), sugerindo que a utilização de estágios de 200 m e escolha independente da intensidade inicial para determinação da $VLac_{min}$ superestima o MEEL na natação, o que não parece acontecer quando adota-se distâncias maiores como 300 m. Esses achados foram confirmados pelos mesmos autores em estudo posterior (RIBEIRO *et al.*, 2004a).

Diferente do que foi relatado até então, a obtenção do LAn por meio da utilização de métodos indiretos, também chamados de não-invasivos, descaracterizam a necessidade da coleta de sangue para a determinação da resposta do lactato ao exercício. Além do mais, apresenta baixo custo e possibilita a avaliação de maior número de sujeitos, o que torna esses métodos interessantes na avaliação de crianças e adolescentes.

Atualmente, os métodos não-invasivos mais utilizados para a determinação do LAn tem sido, a velocidade crítica (VC) (WAKAYOSHI, *et al.*, 1992b), o limiar ventilatório (LV) que envolve parâmetros ventilatórios (WASSERMAN; McILROY, 1964) e o limiar de frequência cardíaca (CONCONI *et al.*, 1982). Ressalta-se que na natação, alguns pesquisadores têm optado pela utilização de testes contínuos com tempo de duração fixa, como o T30 (OLBRECHT *et al.*, 1985). Conforme estudo de Olbrecht *et al.* (1985) a VLAn 4 mM é bem

próxima da velocidade média mantida no T30. Mais recentemente, objetivando maior praticidade na avaliação da capacidade aeróbia de crianças e adolescentes, Greco *et al.*, (2003) sugerem a substituição de testes contínuos com tempo de duração fixa (T20 e T30) pela VC.

2.3.3 Velocidade crítica

Durante as últimas décadas, a análise das concentrações de lactato sanguíneo nas avaliações de desempenho físico, tem favorecido sobremaneira a prescrição de programas de treinamento, bem como a predição do desempenho em várias modalidades esportivas, dentre as quais, destaca-se a natação (SKINNER, 1987).

Contudo, nem sempre é possível a determinação do LAn a partir da resposta do lactato sanguíneo, desse modo, os estudos têm procurado encontrar metodologias indiretas que possam estimar o LAn. Assim sendo, a potência crítica (PC) tem sido apontada como um dos principais métodos não-invasivos para a determinação do LAn, visto que alguns estudos têm encontrado altas correlações entre esses dois índices (HILL, 1993; VANDEWALLE *et al.*, 1997; WALSH, 2000), o que sugere que a PC pode ser capaz de predizer a capacidade aeróbia e/ou desempenho aeróbio, independente do tipo de exercício físico (HOPKINS *et al.*, 1989; JENKINS; QUIGLEY, 1990; HOUSH *et al.*, 1991; WAKAYOSHI *et al.*, 1992b; CAPODAGLIO; BAZZINI, 1996; KOKUBUN, 1996). Em adição, a PC é um método de fácil aplicação, onde o avaliado deve realizar múltiplos esforços até a exaustão voluntária. Além disso, é um método de baixo custo operacional e tem mostrado ser adequado para a avaliação de grandes grupos de atletas, independente da fase do treinamento (KOKUBUN, 1996; HILL; FERGUSON, 1999).

O conceito de PC foi proposto por Monod e Scherrer (1965) como sendo uma potência máxima que pode ser mantida indefinidamente durante a prática de exercícios físicos. Esse conceito é baseado na relação hiperbólica entre a potência realizada (W_{im}) e seu respectivo tempo de exaustão (t_{im}) (MORITANI *et al.*, 1981). Vale destacar que, inicialmente, o conceito de PC foi aplicado para grupos musculares sinergistas (MONOD; SCHERRER, 1965), sendo posteriormente estendido para grandes grupos musculares, a partir de informações produzidas em testes em cicloergômetro.

À cerca de uma década atrás, Wakayoshi *et al.* (1992a) estenderam o conceito de PC para a natação, e propuseram o termo VC como sendo a velocidade de nado que teoricamente poderia ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Nesse estudo, conduzido em um *swimming-flume*, com nadadores adultos bem treinados, os pesquisadores não verificaram diferença entre a VC e VLAn 4 mM ($1,16 \pm 0,05$ vs $1,16 \pm 0,03$ m.s⁻¹, $P > 0,01$; respectivamente), além disso, observaram alta correlação ($r=0,94$, $P < 0,01$) entre os índices, sugerindo a VC como indicador do LAn. Ainda em *swimming-flume*, Wakayoshi *et al.*, (1992b) encontraram alta correlação ($r=0,86$, $P < 0,01$) entre os valores de VC e VLAn 4 mM, embora a VLAn 4 mM tenha sido significativamente menor que a VC ($1,49 \pm 0,02$ vs $1,54 \pm 0,01$ m.s⁻¹, $P < 0,01$; respectivamente). Nesse mesmo estudo, quando os índices foram obtidos em piscina (25 m), os resultados foram semelhantes aos encontrados no *swimming-flume*, com a VLAn 4 mM sendo significativamente menor que a VC ($1,49 \pm 0,02$ vs $1,55 \pm 0,02$ m.s⁻¹, $P < 0,01$; respectivamente) e apresentando alta correlação ($r=0,90$, $P < 0,01$) entre ambos. Em adição, estudos realizados por Wakayoshi *et al.* (1993), Kokubun (1996) e Rodriguez *et al.* (2003) em piscina, utilizando nadadores adultos treinados, também encontraram correlações semelhantes entre a VC e VLAn 4 mM ($r=0,91$, $r=0,89$ e $r=0,94$, $P < 0,01$; respectivamente), sendo que, Wakayoshi *et al.* (1993) e Kokubun (1996), em seus estudos, observaram que a VC correspondeu ao MEEL, apresentando valores de lactato de 3,2 e $2,68 \pm 1,05$ mM, respectivamente. Deve-se lembrar que esse conceito foi posteriormente estendido também à corrida (KRANENBURG; SMITH, 1996).

Em contrapartida, Dekerle *et al.* (2005) estudando oito nadadores treinados ($20,4 \pm 1,9$ anos), verificaram que apesar da VC ter apresentado alta correlação com a intensidade de nado no MEEL ($r=0,87$, $P < 0,01$), esta foi significativamente maior que a intensidade no MEEL ($1,31 \pm 0,15$ vs $1,24 \pm 0,10$ m.s⁻¹, respectivamente). Diante dos resultados, os autores sugerem que a VC não corresponde ao MEEL.

Diferentes modelos lineares e não-lineares têm sido investigados como meio de determinação da PC e VC (BULL *et al.*, 2000; GAESSER *et al.*, 1995; OVEREND *et al.*, 1992). Entretanto, os modelos mais utilizados têm sido o modelo hiperbólico da relação potência-tempo, em que $t_{lim} = CTAn / (W_{lim} - PC)$; os modelos que foram linearizados a partir da função hiperbólica, como o modelo potência-1/tempo, em que $W_{lim} = (CTAn / t_{lim}) + PC$ e o modelo trabalho-tempo, onde Trabalho = $(PC \times t_{lim}) + CTAn$ (BULL *et al.*, 2000). Em esportes cíclicos,

como a natação ou a corrida, tem sido proposto o modelo distância-tempo, sendo $\text{Distância} = \text{CTAn} + \text{VC} \times \text{tempo}$ (OVEREND *et al.*, 1992; KOKUBUN, 1996).

Alguns fatores têm sido apontados como determinantes para a identificação da VC, podendo interferir diretamente na sua estimativa. Sendo assim, alguns estudos têm demonstrado a necessidade da utilização de intervalos de aproximadamente 30 minutos entre as cargas preditivas (HOUSH *et al.*, 1990) até 12 ou, ainda, 24 horas (JENKINS; QUIGLEY, 1990), para que haja uma recuperação adequada. Além disso, o número de cargas empregadas deve ser de pelo menos duas coordenadas, quando houver uma diferença de tempo de três a cinco minutos entre elas (HOUSH *et al.*, 1990).

Trabalhos anteriores mostram que a combinação de diferentes cargas preditivas, utilizadas na determinação da PC, também interfere nos valores de PC, particularmente, quando as cargas empregadas possibilitam tempos de exaustão relativamente curtos (menor que 3 minutos) (BISHOP; JENKINS; HOWARD, 1998; JENKINS; KRETEK; BISHOP, 1998). Em adição, estudo de Calis e Denadai (2000) evidenciou que a PC de não atletas, obtida em ergômetro de braço, era protocolo-dependente, sendo que das quatro cargas preditivas, a utilização de apenas três mais intensas resultou em uma medida significativamente superior ($190,5 \pm 23,2$ W) quando comparada com as resultantes da utilização de todas as cargas ($184,2 \pm 25,4$ W) e das três menores ($177,5 \pm 29,5$ W). Esse comportamento está de acordo com os reportados pela literatura para o modelo de VC. Segundo Greco *et al.* (2003), a combinação de distâncias menores (25/50/100 m) na predição da VC, ou seja, com menores tempos de exaustão (entre 14 e 121 segundos), determinaram valores significativamente ($P < 0,05$) maiores de VC em nadadores jovens, com idade entre 10 e 15 anos, do que quando as combinações envolveram maiores distâncias (50/100/200 m e 100/200/400 m). Os resultados desse estudo se alinham com outros realizados em modalidades como a canoagem (FONTES *et al.*, 2002) e o ciclismo (HIYANE *et al.*, 2004).

De acordo com Bishop, Jenkins e Howard (1998), esse comportamento é resultante da “inércia” do sistema aeróbio. Este fenômeno é caracterizado por ajustes cardiorespiratórios para que o VO_2 atinja seu valor de estado estável ou máximo, sobretudo nos instantes iniciais de esforços severos (VANDEWALLE *et al.*, 1989), o que por sua vez, parece provocar subestimação da CTAn e estimativas superestimadas de VC, a qual, de fato, tem se

mostrado em alguns estudos superior ao MEEL (JENKINS e QUIGLEY, 1990; DEKERLE *et al.*, 2003; MELO *et al.*, 2003).

Recentemente, a utilização da VC em nadadores jovens tem recebido grande atenção por parte de pesquisadores, contudo, ainda são poucos os estudos que verificaram a validade deste índice para esta população específica. Hill, Steward e Lane (1995) sugerem a utilização da VC na avaliação do desempenho aeróbio de nadadores jovens (8 a 18 anos). Esses autores encontraram fortes correlações entre a VC e a velocidade de nado em longa distância (457 m), nas diferentes idades estudadas ($r=0,86$ a $r=0,99$, $P<0,01$).

Mais recentemente Greco e Denadai (2005), analisaram a relação entre a VC determinada pelas distâncias de 100, 200 e 400 metros e, a velocidade de nado no teste de 30 minutos (T30) em sujeitos do sexo masculino e feminino divididos em dois grupos, 10 a 12 anos e de 13 a 15 anos. Eles verificaram que a VC e o T30 não apresentaram diferenças significantes entre os nadadores mais jovens (G10-12M = $0,97 \pm 0,10$ vs. $0,97 \pm 0,10$ m.s⁻¹, e G10-12F = $1,01 \pm 0,09$ vs. $0,97 \pm 0,08$ m.s⁻¹, respectivamente), e também nos nadadores mais velhos (G13-15M = $1,10 \pm 0,13$ vs. $1,07 \pm 0,11$ m.s⁻¹ e G13-15F = $0,93 \pm 0,06$ vs. $0,91 \pm 0,05$ m.s⁻¹, respectivamente), sugerindo a utilização da VC na avaliação de capacidade aeróbia de nadadores jovens.

Alguns estudos envolvendo grupos de nadadores de menor idade (10 a 12 anos), utilizando distâncias de 50, 100 e 200 m na determinação da VC, encontraram altas correlações entre a VC e VLAn 4 mM ($r=0,84$ a $r=0,96$, $P<0,05$) (DENADAI; GRECO, 1997; DENADAI; GRECO; DONEGA, 1997; GRECO *et al.*, 2002a; GRECO *et al.*, 2002b; GRECO *et al.*, 2003) independente do nível de treinamento (DENADAI; GRECO; TEIXEIRA, 2000). Ressalta-se, no entanto, que em todos esses estudos a VLAn 4 mM foi significativamente maior que a VC ($P<0,05$).

Corroborando com os achados anteriores, Denadai, Greco e Donega (1997), estudando nadadores treinados de 13 a 15 anos, constataram alta correlação entre a VC determinada pelas mesmas distâncias (50/100/200 m) e a VLAn 4 mM ($r=0,96$, $P<0,05$) e, VLAn 4 mM significativamente maior que a VC ($0,94 \pm 0,12$ vs. $0,90 \pm 0,13$ m.s⁻¹, $P<0,05$, respectivamente). Resultados semelhantes são relatados por Melo *et al.* (2005), os quais verificaram que a VLAn 4 mM foi significativamente maior que a VC determinada pelas

distâncias de 50, 100 e 200 m ($1,26 \pm 0,08$ e $1,22 \pm 0,09$ m.s⁻¹, $P < 0,05$, respectivamente), e a correlação entre os índices foi de $r = 0,98$ ($P < 0,01$).

Os resultados supracitados indicaram que a VC subestimou a intensidade de nado correspondente ao LAn 4 mM, o que segundo os autores parece indicar que a VC se aproxima mais do MEEL, já que as concentrações de lactato encontradas através desta metodologia (entre $2,71 \pm 1,13$ e $3,24 \pm 0,38$ mM) foram mais próximas ao valor de 2,5 mM proposto por Williams e Armstrong (1991) (DENADAI; GRECO, 1997; DENADAI; GRECO; DONEGA, 1997; DENADAI; GRECO; TEIXEIRA, 2000; MELO *et al.*, 2005).

Todavia, Melo *et al.* (2003), investigando um grupo de oito nadadores jovens treinados ($15,2 \pm 0,4$ anos), sugerem que a VC superestima a intensidade de nado supostamente correspondente ao MEEL. Esses achados corroboram com resultados encontrados por Ribeiro *et al.* (2004) que investigaram dez atletas jovens de natação do sexo masculino ($16,5 \pm 1,2$ anos), e verificaram que a VC superestima a velocidade de nado, na qual são alcançados estados fisiológicos estáveis (lactato sanguíneo, frequência cardíaca), técnico (frequência e amplitude de braçadas) e de percepção subjetiva de esforço.

Considerando as divergências quanto à validade da VC como indicador do MEEL em crianças e adolescentes, o emprego do modelo de VC nessa população deve ser visto com cautela, sobretudo pelo fato de que crianças possuem uma limitação real em relação ao metabolismo glicolítico e, conseqüentemente, a produção de lactato (PFITZINGER & FREEDSON, 1997b).

3 Objetivos

A presente investigação objetivou:

- Comparar as velocidades de LAn obtidas a partir de concentrações fixas de lactato (4 mM e 3,5 mM), velocidade de Lac_{min} , e a VC determinada através de diferentes distâncias em nadadores adolescentes;
- Correlacionar as velocidades de LAn obtidas a partir de concentrações fixas de lactato (LAn 4 e LAn 3,5 mM), a velocidade de Lac_{min} e a VC determinada a partir de diferentes distâncias com o desempenho obtido nos 400 metros (s) em nadadores adolescentes.

4 Resultados

Apresentamos a seguir parte dos resultados do presente trabalho em forma de artigos, na seguinte formatação:

Artigo original 1 – Comparação entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio em nadadores adolescentes, submetido ao *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.

Artigo original 2 – Correlações entre protocolos de determinação do limiar anaeróbio e o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes, submetido à *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*.

4.1 Artigo original 1

COMPARAÇÃO ENTRE PROTOCOLOS DE DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO EM NADADORES ADOLESCENTES

Juliana Cordeiro de Melo^{1,2}
Leandro Ricardo Altimari^{1,2}
Camila Coelho Greco³
Fábio Yuzo Nakamura²
Edilson Serpeloni Cyrino²
Mara Patricia Traína Chacon-Mikahil¹

¹Faculdade de Educação Física - UNICAMP, Campinas, Brasil.

²Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício - UEL, Londrina, Brasil.

³Laboratório de Performance Humana, Departamento de Educação Física, UNESP, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

(✉)Endereço para correspondência:

Profa. Dra Mara Patricia Traína Chacon-Mikahil
Faculdade de Educação Física - UNICAMP
Av. Érico Veríssimo 701, Cidade Universitária Zeferino Vaz
Barão Geraldo - Campinas, SP, Brasil.
E-mail marapatricia@fef.unicamp.br

Agradecimentos: os autores agradecem ao Prof. Dr. Benedito S. Denadai do Laboratório de Performance Humana - UNESP/Rio Claro por ter possibilitado a análise do lactato sanguíneo, bem como ao CNPq e a FAPESP pelas bolsas outorgadas. Agradecem ainda, a CPG-FEF/UNICAMP pelo apoio financeiro.

Resumo

O objetivo do presente estudo foi comparar a velocidade de limiar anaeróbio (VLAn) obtida a partir de concentrações fixas de lactato (4 e 3,5 mM), a velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) e a velocidade crítica (VC) determinada através de diferentes distâncias em nadadores adolescentes. Fizeram parte da amostra 15 nadadores (10 meninos = $14,8 \pm 0,6$ anos e 5 meninas = $14,6 \pm 0,8$ anos) de nível nacional. Os testes para determinação da VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min} e VC1 (50/100/200m), VC2 (100/200/400m), VC3 (50/100/200/400m) e VC4 (200/400m) foram realizados em uma piscina de 25 m, sendo realizadas de sete ou oito avaliações com intervalo de 24 a 48 horas entre as mesmas. Para tratamento dos dados foi utilizada análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas seguido do teste *post hoc* de Scheffé e o coeficiente de correlação de Pearson. Os níveis de significância adotados foram de $P < 0,01$. A VLAn 4 mM e a VC1 não apresentaram diferenças significantes entre si ($1,34 \pm 0,05$ vs. $1,33 \pm 0,05$ m.s⁻¹, respectivamente). Contudo, a VLAn 4 mM e a VC1 foram significativamente maiores que a VLAn 3,5 mM ($1,28 \pm 0,04$ m.s⁻¹), VLac_{min} ($1,27 \pm 0,05$ m.s⁻¹), VC2 ($1,26 \pm 0,06$ m.s⁻¹), VC3 ($1,27 \pm 0,06$ m.s⁻¹) e VC4 ($1,25 \pm 0,07$ m.s⁻¹). Não foram observadas diferenças significantes entre a VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4. A partir dos resultados obtidos neste estudo, sugere-se que o LAn determinado a partir da concentração fixa de lactato de 3,5 mM, bem como os métodos de Lac_{min} e VC obtida a partir de distâncias maiores, podem ser utilizados com maior precisão na avaliação da capacidade aeróbia em nadadores adolescentes.

Palavras-Chaves: limiar anaeróbio, lactato mínimo, velocidade crítica, nadadores adolescentes.

Introdução

Apesar de protocolos envolvendo lactato sanguíneo serem usados no meio esportivo há décadas, sobretudo na avaliação de nadadores, esta é uma área muito controversa, tanto no nível básico quanto aplicado.¹ Segundo Beneke² e Billat *et al.*,³ a avaliação do máximo estado estável de lactato (MEEL), que considera a maior estabilidade da concentração sanguínea de lactato durante o exercício prolongado, tem sido aceita como a melhor forma de avaliação da capacidade aeróbia. Entretanto, parece ser necessária a realização de estudos que busquem analisar a validade do emprego de protocolos mais rápidos e práticos no que diz respeito às suas aplicações, isto é, predição do desempenho, prescrição de intensidade e sensibilidade aos efeitos do treinamento.⁴

Nesse sentido, alguns autores têm sugerido a adoção de métodos que utilizem concentrações fixas de lactato durante testes com intensidades progressivas para determinação do limiar anaeróbio.⁵ Contudo, esses métodos têm recebido críticas por não considerarem a cinética do lactato individualmente,⁶ e por seus resultados sofrerem influência da disponibilidade prévia de glicogênio muscular.⁷ Além disso, Heck *et al.*⁸ demonstram que a escolha da concentração de lactato para determinar a intensidade correspondente ao LAn, é dependente da duração dos estágios.

Por outro lado, Tegtbur *et al.*⁹ tem sugerido a aplicação do teste de lactato mínimo (Lac_{min}), pois além de proporcionar avaliação individual do LAn e apresentar objetividade na sua estimativa, seus resultados não são afetados pela depleção prévia de glicogênio. Ressalta-se, no entanto, que a duração dos estágios durante a fase incremental⁹ e a intensidade inicial do teste de Lac_{min} ¹⁰ parecem influenciar a intensidade de Lac_{min} , independente do tipo de exercício realizado previamente,¹¹ o que poderia explicar, pelo menos em parte, as controvérsias em relação à validade do Lac_{min} para identificação do MEEL.^{12,13} Contudo, na natação, alguns estudos têm demonstrado que o Lac_{min} corresponde ao MEEL.^{14,15}

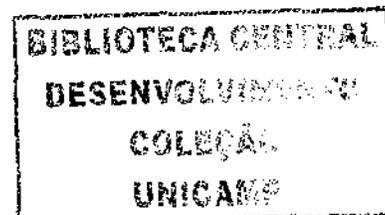
Considerando que o LAn obtido a partir dos métodos descritos anteriormente são invasivos, exigem coleta de sangue, bem como utilização de equipamentos caros, é importante a busca de métodos alternativos com o propósito de substituí-los. Nesse sentido, a potência crítica (PC) tem sido apontada como um dos índices de maior potencial para a avaliação da performance aeróbia e predição do LAn.^{16,17}

Há cerca de uma década atrás, Wakayoshi *et al.*¹⁸ estenderam o conceito de PC proposto por Monod e Scherrer¹⁹ para a natação, e propuseram o termo velocidade crítica (VC) como sendo a velocidade de nado que teoricamente poderia ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Em adição, estudos realizados por Wakayoshi *et al.*,^{20,21} Kokubun²² e Rodriguez *et al.*²³ utilizando nadadores treinados, encontraram altas e significantes correlações entre a VC e a velocidade de LAn 4 mM ($r=0,86$, $r=0,91$, $r=0,89$ e $r=0,94$, respectivamente), sendo que, Wakayoshi *et al.*²¹ e Kokubun²² em seus estudos, observaram que a VC corresponde ao MEEL. Ressalta-se ainda, que a VC pode ser obtida independentemente do nível de performance²⁴ e da idade cronológica.^{25,26,27,28}

Em contrapartida, Dekerle *et al.*²⁹ estudando oito nadadores treinados ($20,4 \pm 1,9$ anos) verificaram que apesar da VC ter apresentado correlação significativa com a intensidade de nado no MEEL ($r=0,87$), esta não correspondeu ao MEEL ($1,31 \pm 0,15$ vs. $1,24 \pm 0,10$ m.s⁻¹, respectivamente).

A utilização do modelo de VC em nadadores jovens tem recebido cada vez mais atenção por parte de pesquisadores, devido às facilidades na sua aplicação, bem como a não exigência de coleta de sangue. Contudo, ainda são poucos os estudos que verificaram a validade deste índice para esta população específica. Hill *et al.*³⁰ sugerem a utilização da VC na avaliação do desempenho aeróbio de nadadores jovens (8 a 18 anos). Estudos posteriores envolvendo nadadores jovens, tem confirmado a validade deste método para obtenção do LAn.^{24,25,26,27,28} Todavia, Melo *et al.*³¹ investigando um grupo de oito nadadores adolescentes treinados ($15,2 \pm 0,4$ anos) sugerem que a VC superestima a intensidade de nado supostamente correspondente ao MEEL. Esses achados corroboram com resultados encontrados por Ribeiro *et al.*³² em dez atletas de natação do sexo masculino ($16,5 \pm 1,2$ anos), os quais verificaram que a VC superestima a velocidade de nado na qual são alcançados estados estáveis de variáveis fisiológicas (lactato sanguíneo, frequência cardíaca), biomecânicas (frequência e amplitude de braçadas) e aquelas associadas à percepção subjetiva de esforço.

Recentemente, Greco *et al.*²⁷ demonstraram que a relação entre a VC e a intensidade de LAn determinada por meio de concentração fixa de 4 mM, é dependente da distância empregada na determinação da VC. Os autores verificaram, ainda, que a combinação de distâncias menores na predição da VC, em nadadores jovens, determinou valores significativamente maiores de VC, quando comparada a combinações que envolveram maiores distâncias. Trabalhos anteriores



mostram que a combinação de diferentes cargas preditivas utilizadas na determinação da PC interfere em seus valores, sobretudo, quando as cargas empregadas possibilitam tempos de exaustão relativamente curtos.^{33,34,35} Este comportamento tem sido observado em outras modalidades, como a canoagem³⁶ e o ciclismo.³⁷

Na natação, os atletas iniciam muito cedo as avaliações e os programas intensivos de treinamento, sendo assim, parece ser extremamente interessante analisar a validade de diferentes protocolos de determinação do LAN em adolescentes. Portanto, o objetivo do presente estudo foi comparar a velocidade de LAN obtida a partir de concentrações fixas de lactato (LAN 4 e LAN 3,5 mM), velocidade de Lac_{min} e a VC determinada a partir de diferentes distâncias em nadadores adolescentes.

Materiais e métodos

Sujeitos

A amostra foi constituída por quinze nadadores (10 meninos = $14,8 \pm 0,6$ anos; $64,4 \pm 8,2$ kg; $174,1 \pm 8,3$ cm e 5 meninas = $14,6 \pm 0,8$ anos; $57,1 \pm 7,4$ kg; $155,0 \pm 6,6$ cm) de nível nacional, com tempo médio de prática de $5,7 \pm 2,5$ anos. Onze sujeitos eram especialistas no estilo “crawl” (curta e média distância: $n = 7$, e longa distância: $n = 4$), três no estilo costas (curta e média distância) e um no estilo peito (curta e média distância). Todos estavam envolvidos em programa de treinamento sistematizado de seis vezes por semana e volume médio semanal entre 36.000 e 40.000 m antes do início da coleta de dados, visando a melhoria das principais capacidades físicas da natação. Durante a coleta estes se encontravam na fase de polimento.

Os responsáveis pelos sujeitos, após serem esclarecidos sobre as finalidades do estudo e os procedimentos aos quais os atletas seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UNICAMP.

Delineamento experimental

Todos os testes foram realizados na mesma piscina semi-olímpica (25 m) com temperatura da água variando entre 26 e 27°C, onde os sujeitos, sempre utilizando o estilo

“crawl”, participaram de sete ou oito avaliações com intervalo de 24 a 48 horas entre as mesmas. O aquecimento foi realizado livremente antes de cada sessão experimental e em todos os testes os nadadores receberam instrução visual a cada 25 m a fim de que as velocidades pré-estabelecidas fossem mantidas. O horário das sessões de treinamento foi o mesmo durante todo o protocolo experimental. Para a familiarização com os protocolos de testes e equipamentos utilizados, os voluntários foram submetidos a estudo piloto.

Velocidade no limiar anaeróbio

A velocidade no limiar anaeróbio (VLAN) foi determinada por meio de metodologia similar a proposta por Mader *et al.*⁵ utilizando-se concentrações fixas de 4 mM (VLAN 4 mM) e 3,5 mM (VLAN 3,5 mM) de lactato sanguíneo.⁸ Para tanto, foram realizadas duas repetições submáximas de 200 m, sendo a primeira a 85% e a segunda a 95% da velocidade máxima para a distância de 200 m, com intervalo de 20 minutos entre as repetições em recuperação passiva. Após o primeiro, terceiro e quinto minuto da realização de cada tiro, foram coletados 25 μ L de sangue arterializado do lóbulo da orelha, com o auxílio de um capilar heparinizado e calibrado, para dosagem do lactato sanguíneo. As velocidades médias correspondentes à VLAN 4 mM e VLAN 3,5 mM foram determinadas por interpolação linear entre a mais alta concentração de lactato de cada tiro e suas respectivas velocidades.

Velocidade de lactato mínimo

Para a determinação da velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) foi utilizada adaptação do protocolo proposto por Tegtbur *et al.*⁹ para corredores, conforme sugerido por Ribeiro *et al.*¹⁴ Inicialmente os indivíduos realizaram dois esforços máximos de 50 m, com intervalo de 1 minuto entre os mesmos, para a indução de considerável acúmulo de lactato na corrente sanguínea (acidose láctica). Após período de recuperação passiva de 8 minutos, os voluntários iniciaram um protocolo de exercício incremental com estágios de 300 m, sendo a velocidade inicial variando entre 1,10 e 1,25 m.s⁻¹ e incrementos de 0,05 m.s⁻¹ a cada repetição até a exaustão.¹⁴ A velocidade inicial foi escolhida por cada indivíduo de forma que estes realizassem de quatro a seis esforços.

No sétimo minuto após a indução da acidose láctica e imediatamente após cada repetição durante a fase incremental, foram coletados aproximadamente 25 μ l de sangue arterializado do lóbulo da orelha, através de um capilar heparinizado e calibrado, para dosagem do lactato sangüíneo. A $VLac_{min}$ foi considerada aquela em que se observou a menor concentração sangüínea de lactato durante a fase progressiva do teste.^{14,38}

Velocidade crítica

Para a determinação da velocidade crítica (VC), foram realizados tiros máximos nas distâncias de 50, 100, 200 e 400 m, registrando-se os respectivos tempos, sendo que a saída dos tiros foi dada dentro da piscina, junto à borda. Os tiros foram realizados em ordem aleatória durante as sessões de treinamento, sendo uma tentativa por sessão. A VC foi determinada através da inclinação (b) da reta de regressão linear entre as distâncias e seus respectivos tempos obtidos em cada repetição.¹⁸ Para a determinação da VC1 foram utilizadas as distâncias de 50, 100 e 200 m; para a VC2 foram utilizadas as distâncias de 100, 200 e 400 m; para a VC3 foram utilizadas as distâncias de 50, 100, 200 e 400 m e; para a VC4 foram utilizadas as distâncias de 200 e 400 m. Os atletas foram avaliados em grupos para motivá-los a tentar o melhor desempenho. O tempo foi registrado com um cronômetro digital (SEIKO S140, JAPAN) manual com precisão de milésimos de segundos.

Análise do lactato sangüíneo

As amostras sangüíneas coletadas para dosagem do lactato foram imediatamente colocadas em microtúbulos de polietileno com tampa tipo Eppendorff de 1,0 ml, contendo 50 μ l de solução hemolisante (fluoreto de sódio, 1%) e em seguida armazenadas a -70° C. A análise do lactato foi realizada através de um analisador eletroquímico (YSL 2300 STAT Yellow Spring Co., USA).

Avaliação maturacional

A avaliação da maturação sexual foi baseada em estágios de desenvolvimento das características sexuais secundárias: estágios de desenvolvimento genital (DG1 a DG5) e

pilosidade pubiana (PP2 a PP5) nos meninos e estágios de desenvolvimento mamário (DM1 a DM5) e pilosidade pubiana (PP2 a PP5) nas meninas.³⁹ Os estágios de desenvolvimento foram determinados por meio de auto-avaliação.⁴⁰ Para tanto, após explicações detalhadas sobre o uso das “pranchas com fotos”, os indivíduos fizeram a identificação dos estágios de desenvolvimento maturacional das quais mais se aproximavam.

Análise estatística

A estimativa da VC utilizando diferentes combinações de distâncias foi obtida por procedimento de regressão linear (STATISTICA 6.0[®], STATSOFT INC., USA). Além da VC, foram estimados também os erros padrão de estimativa (EPE), bem como o coeficiente de determinação (R^2) relacionado ao ajuste dos dados experimentais à equação. Após aplicação dos testes de normalidade de Shapiro Wilk e de homogeneidade de Levene, os valores médios das VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLAc_{min}, VC1, VC2, VC3 e VC4 foram contrastadas mediante análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, seguido do teste post hoc de Scheffé. Os mesmos procedimentos estatísticos foram empregados para comparar os EPE associados a VC e o R^2 , obtidos a partir das combinações de distâncias. Para análise das correlações entre as VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLAc_{min}, VC1, VC2, VC3 e VC4 foi empregado o coeficiente de correlação de Pearson. Os níveis de significância adotados foram de $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Resultados

A partir da avaliação da maturação sexual baseada nos estágios de desenvolvimento das características sexuais secundárias, constatou-se que os dez meninos participantes do experimento se encontravam dentro do estágio DG4 e PP4. Em relação às meninas, quatro se encontravam dentro dos estágios DM4 e PP4 e uma no estágio DM3 e PP3.

Os tempos médios obtidos nos tiros máximos de 50, 100, 200 e 400 m são apresentados na figura 1. Observa-se que a variabilidade absoluta inter-atletas aumenta de acordo com o aumento das distâncias, conforme indica o intervalo de confiança 99%.

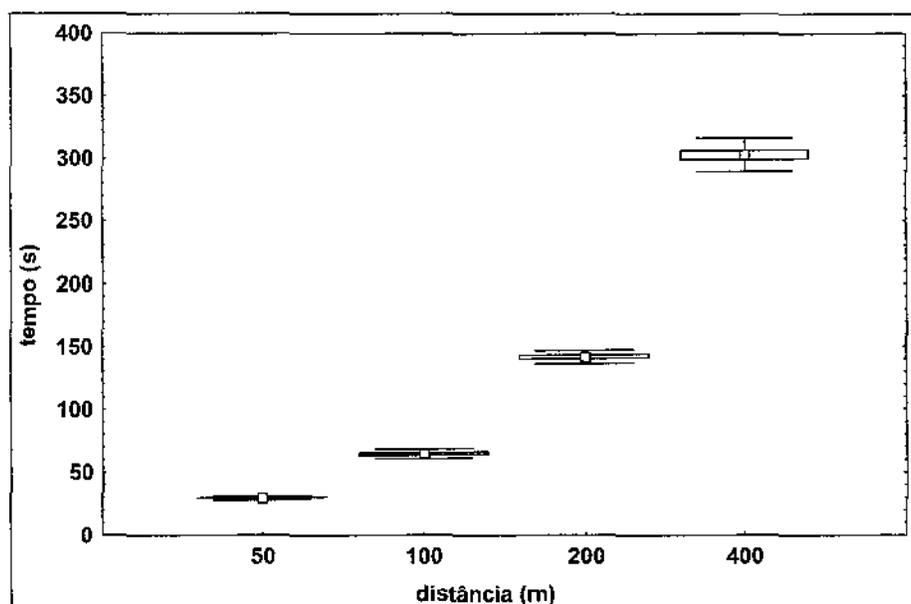


Figura 1. Durações dos testes em distâncias fixas para os nadadores (médias e intervalo de confiança 99%).

Na tabela 1, encontram-se os valores médios da VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC1, VC2, VC3 e VC4. Constatou-se que a VLAn 4 mM e VC1 não foram diferentes entre si ($p > 0,05$), contudo, se apresentaram significativamente maiores que a VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4 ($p < 0,01$). Não houve diferença entre a VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4 ($p > 0,05$).

Tabela 1. Valores médios (\pm DP) das velocidades correspondentes ao limiar anaeróbio de 4 mM (VLAn 4), limiar anaeróbio de 3,5 mM (VLAn 3,5), lactato mínimo (VLac_{min}), e as velocidades críticas (VC) 1, VC2, VC3 e VC4 (n=15).

	VLAn 4 (m.s ⁻¹)	VLAn 3,5 (m.s ⁻¹)	VLac _{min} (m.s ⁻¹)	VC1 (m.s ⁻¹)	VC2 (m.s ⁻¹)	VC3 (m.s ⁻¹)	VC4 (m.s ⁻¹)
Média	1,34*	1,28	1,27	1,33*	1,26	1,27	1,25
DP	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,06$	$\pm 0,07$

*Diferença significativa em relação a VLAn 3,5, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4 ($p < 0,01$).

Os valores de correlação (r) entre a VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC1, VC2, VC3 e V4, são apresentados na tabela 2. Todas as correlações obtidas foram significantes ($p < 0,01$ e $p < 0,05$), com exceção das correlações entre a VC4 e as VC1 e VLAn 4 mM ($p > 0,05$). Vale ressaltar ainda, que os valores de correlação (r) entre os índices foram menores quando a correlação envolveu a VLAn 4 mM e a VC1, com exceção da análise entre ambos.

Tabela 2. Valores de correlação (r) entre as velocidades de limiar anaeróbio de 4 mM (VLAn 4), limiar anaeróbio de 3,5 mM (VLAn 3,5), lactato mínimo (VLac_{min}), velocidades críticas (VC) VC1, VC2, VC3 e VC4 (n=15).

	VLAn 4 (m.s ⁻¹)	VLAn 3,5 (m.s ⁻¹)	VLac _{min} (m.s ⁻¹)	VC1 (m.s ⁻¹)	VC2 (m.s ⁻¹)	VC3 (m.s ⁻¹)	VC4 (m.s ⁻¹)
VLAn 4 (m.s ⁻¹)	1,00	-	-	-	-	-	-
VLAn 3,5 (m.s ⁻¹)	0,89*	1,00	-	-	-	-	-
VLac _{min} (m.s ⁻¹)	0,66 [†]	0,85*	1,00	-	-	-	-
VC1 (m.s ⁻¹)	0,98*	0,87*	0,67 [†]	1,00	-	-	-
VC2 (m.s ⁻¹)	0,52 [†]	0,81*	0,91*	0,53 [†]	1,00	-	-
VC3 (m.s ⁻¹)	0,55 [†]	0,84*	0,92*	0,58 [†]	0,99*	1,00	-
VC4 (m.s ⁻¹)	0,37	0,71*	0,84*	0,37	0,97*	0,96*	1,00

* $p < 0,01$, [†] $p < 0,05$.

Com relação aos valores de EPE da VC1, VC2, VC3 e VC4, foi verificado que esses foram iguais respectivamente $0,03 \pm 0,02$ m.s⁻¹, $0,02 \pm 0,02$ m.s⁻¹, $0,02 \pm 0,01$ m.s⁻¹ e $0,03 \pm 0,02$ m.s⁻¹ ($p > 0,05$). Do mesmo modo, os valores de R² associados à estimativa de VC1, VC2, VC3 e VC4 foram semelhantes, sendo respectivamente equivalentes a $0,9995 \pm 0,001$, $0,9997 \pm 0,001$, $0,9996 \pm 0,001$ e $0,9993 \pm 0,001$ ($p > 0,05$).

Quanto ao teste para determinação da VLac_{min}, as concentrações sanguíneas de lactato aos sete minutos após a indução da acidose, e o menor valor de lactato obtido durante o teste de lactato mínimo foram $10,11 \pm 1,82$ mM e $3,81 \pm 1,10$ mM, respectivamente.

Discussão e conclusões

Diante da necessidade de analisar a validade do emprego de protocolos mais rápidos e práticos, o propósito da presente investigação foi comparar a VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min} e a VC determinada a partir da combinação de diferentes distâncias em nadadores adolescentes. Assim, os achados do presente estudo foram: 1) a relação entre a VC e o LAn determinado por meio de concentração fixa de lactato sanguíneo (4 mM e 3,5 mM) é dependente da distância empregada na determinação da VC; 2) a combinação de diferentes distâncias influencia nos valores de VC; 3) o número de coordenadas ($D_{lim}-t_{lim}$) parecem não modificar os valores de VC, pelo menos quando são utilizadas distância maiores; 4) a VLAn 4 mM superestima a intensidade de exercício correspondente a VLac_{min}; 5) a VLac_{min} apresenta uma maior relação com a VC determinada a partir de distância maiores.

A potência crítica (PC) tem sido apontada como um dos índices de maior potencial para a avaliação da performance aeróbia e predição do LAn.^{16,17} Wakayoshi *et al.*¹⁸ estenderam o conceito de PC para a natação e propuseram o termo VC como sendo a velocidade de nado que teoricamente poderia ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão. Nesse estudo, utilizando *swimming-flume*, com nadadores adultos bem treinados, os pesquisadores não verificaram diferença significantes entre a VC e VLAn 4 mM ($1,16 \pm 0,05$ vs. $1,16 \pm 0,03$ m.s⁻¹, respectivamente). Além disso, observaram correlação significante ($r=0,94$) entre os índices, sugerindo a VC como indicador do LAn. Ainda em *swimming-flume*, Wakayoshi *et al.*,²⁰ encontraram correlação significante ($r=0,86$) entre os valores de VC e VLAn 4 mM, embora a VLAn 4 mM tenha sido significantemente menor que a VC ($1,49 \pm 0,02$ vs. $1,54 \pm 0,01$ m.s⁻¹, respectivamente). Nesse mesmo estudo, quando a VLAn 4 mM e a VC determinada pelas distâncias de 50, 100, 200 e 400 metros foram obtidos em piscina (25 m), os resultados não apresentaram diferenças significantes comparados aos encontrados no *swimming-flume* ($1,49 \pm 0,02$ vs $1,55 \pm 0,02$ m.s⁻¹, $r=0,90$, respectivamente). Em adição, estudos realizados em piscina por Wakayoshi *et al.*,²¹ que utilizaram distâncias de 200 e 400 metros, Kokubun,²² que utilizou distâncias de 100, 200 e 400 metros e Rodriguez *et al.*²³ que utilizaram distâncias de 100 e 400 na determinação da VC em nadadores adultos treinados, também encontraram correlações significantes entre a VC e VLAn 4 mM ($r=0,91$, $r=0,89$ e $r=0,94$, respectivamente). Wakayoshi *et al.*²¹ e Kokubun²² em seus estudos, observaram que a VC correspondeu ao MEEL, sendo os valores de estado estável equivalentes a $3,2 \pm 0,08$ e $2,68 \pm 1,05$ mM, respectivamente.

Entretanto, mais recentemente, estudos realizados na natação contrapõem a validade da VC como indicador do MEEL,²⁹ sobretudo em jovens nadadores.^{31,32}

Hill *et al.*³⁰ sugerem a utilização da VC na avaliação do desempenho aeróbio de nadadores jovens (8 a 18 anos). Esses autores encontraram correlações significantes entre a VC e a velocidade de nado na distância de 457 m nas diferentes idades estudadas ($r=0,86$ a $r=0,99$). Mais recentemente Greco e Denadai²⁸, analisaram a relação entre a VC determinada pelas distâncias de 100, 200 e 400 metros e, a velocidade de nado no teste de 30 minutos (T30) em sujeitos do sexo masculino e feminino divididos em dois grupos, 10 a 12 anos e de 13 a 15 anos. Eles verificaram que a VC e o T30 não apresentaram diferenças significantes entre os nadadores mais jovens (G10-12M = $0,97 \pm 0,10$ vs. $0,97 \pm 0,10$ m.s⁻¹, e G10-12F = $1,01 \pm 0,09$ vs. $0,97 \pm 0,08$ m.s⁻¹, respectivamente), e também nos nadadores mais velhos (G13-15M = $1,10 \pm 0,13$ vs. $1,07 \pm 0,11$ m.s⁻¹ e G13-15F = $0,93 \pm 0,06$ vs. $0,91 \pm 0,05$ m.s⁻¹, respectivamente), sugerindo a utilização da VC na avaliação de capacidade aeróbia de nadadores jovens.

Outros estudos envolvendo grupos de nadadores com menor idade (10 a 12 anos), utilizando distâncias de 50, 100 e 200 m na determinação da VC, encontraram correlações significantes entre a VC e VLAn 4 mM ($r=0,84$ a $r=0,96$),^{24,25,26,27} independente do nível de treinamento.²⁵ Ressalta-se, no entanto, que em todos esses estudos a VLAn 4 mM foi significantemente maior que a VC. Corroborando com os achados anteriores, Denadai *et al.*,²⁵ estudando nadadores de 13 a 15 anos, constataram correlação significativa entre a VC determinada pelas mesmas distâncias (50/100/200 m) e a VLAn 4 mM ($r=0,96$) e, VLAn 4 mM significantemente maior que a VC ($0,94 \pm 0,12$ vs. $0,90 \pm 0,13$ m.s⁻¹, respectivamente). Resultados semelhantes são relatados por Melo *et al.*,⁴¹ que verificaram correlação significativa ($r=0,98$) entre a VLAn 4 mM e a VC determinada pelas distâncias de 50, 100 e 200 m, embora a VLAn 4 mM tenha sido significantemente maior que a VC ($1,26 \pm 0,08$ vs. $1,22 \pm 0,09$ m.s⁻¹, respectivamente).

Em contraste aos estudos prévios, nossos resultados indicaram que a VLAn 4 mM e VC1 não apresentaram diferenças significantes entre si, além de significativa correlação ($r=0,98$). Esses resultados estão de acordo com os reportados por Greco *et al.*,²⁷ que investigaram nadadores com idades entre 13 e 15 anos, e observaram que a VC estimada pelas distâncias de 50, 100 e 200 m não diferiu significantemente da VLAn 4 mM ($1,02 \pm 0,14$ vs. $1,00 \pm 0,11$ m.s⁻¹, respectivamente), além de encontrarem significativa correlação ($r=0,93$). Em contrapartida, foi

demonstrado nessa mesma investigação, que a relação entre a VC e a VLAn 4 mM é dependente da distância empregada na determinação da VC, o que se confirmou em nosso estudo, pois a VLAn 4 mM foi significativamente maior que a VC2, VC3 e a VC4, as quais se utilizaram de maiores distâncias na estimativa da VC. Ressalta-se também que a VLAn 3,5 mM foi significativamente inferior a VC1, apesar da correlação encontrada ter sido significativa ($r=0,87$), porém semelhante a VC2, VC3 e VC4 (tabela 1). Assim, é possível inferir que a relação entre a VC e ambos os métodos de determinação do LAn, por meio de concentração fixa de lactato sanguíneo (4 mM ou 3,5 mM), parecem sofrer influência da combinação de diferentes distâncias na predição da VC. Ressalta-se ainda que a relação entre a VC e o LAn pode sofrer interferência do nível de performance, uma vez que este determina diferenças na duração dos tempos de nado, o que interfere nos valores de VC e, conseqüentemente, interfere na relação entre os índices. Isso pode explicar pelo menos em parte as diferenças nos resultados do presente estudo em relação as pesquisas citadas anteriormente, uma vez que os nossos sujeitos apresentam maior nível de treinamento comparado aos dos estudos anteriores.

Trabalhos anteriores mostram que a combinação de diferentes cargas preditivas, utilizadas na determinação da PC, interfere nos valores de PC, particularmente, quando as cargas empregadas possibilitam tempos de exaustão relativamente curtos (menor que 3 minutos).^{33,35} Em adição, estudo de Calis e Denadai³⁴ evidenciou que a PC de não atletas, obtida em ergômetro de braço, era protocolo-dependente, sendo que das quatro cargas preditivas, a utilização de apenas três mais intensas resultou em uma medida significativamente superior ($190,5 \pm 23,2$ W) quando comparada com as resultantes da utilização de todas as cargas ($184,2 \pm 25,4$ W) e das três menores ($177,5 \pm 29,5$ W). Esse comportamento está de acordo com os reportados pela literatura para o modelo de VC. Segundo Greco *et al.*,²⁷ a combinação de distâncias menores (25/50/100 m) na predição da VC, com tempos de exaustão entre 14 e 121 segundos, determinou valores significativamente maiores de VC em nadadores jovens, com idades entre 10 e 15 anos, do que quando as combinações envolveram maiores distâncias (50/100/400 m e 100/200/400 m). Os resultados desse estudo se alinham com outros realizados em modalidades cíclicas como a canoagem³⁶ e o ciclismo.³⁷

Nossos resultados corroboram com relatos dos estudos anteriores, indicando que a combinação envolvendo distâncias menores, conseqüentemente, com menores tempos de execução, determinou valores significativamente maiores de VCI ($1,33 \pm 0,05$ m.s⁻¹) comparado a

combinações com maiores distâncias, VC2 ($1,26 \pm 0,06 \text{ m.s}^{-1}$), VC3 ($1,27 \pm 0,06 \text{ m.s}^{-1}$) e VC4 ($1,25 \pm 0,07 \text{ m.s}^{-1}$), mesmo com valores de EPE e R^2 da VC1, VC2, VC3 e VC4 sendo semelhantes entre si. Além disso, vale ressaltar que, apesar de significativa, a VC1 apresentou baixa correlação com a VC2 ($r=0,53$), VC3 ($r=0,58$) e VC4 ($r=0,37$), ao passo que as VC2 e VC3, VC2 e VC4, e VC3 e VC4 apresentaram altas e significantes correlações ($r=0,99$, $r=0,97$ e $r=0,96$, respectivamente)

De acordo com Bishop et al.³³ esse comportamento é resultante da “inércia” do sistema aeróbio. Este fenômeno é caracterizado por ajustes cardiorespiratórios para que o VO_2 atinja seu valor de estado estável ou máximo, sobretudo nos instantes iniciais de esforços severos,⁴² o que por sua vez, parece provocar subestimação da CTAnaer e estimativas superestimadas de VC, a qual, de fato, tem se mostrado em alguns estudos superior ao MEEL.^{31,43,44}

Observou-se ainda em nosso estudo que o número de coordenadas ($D_{\text{lim}}-t_{\text{lim}}$) parece não modificar os valores de VC, pelo menos quando são utilizadas distâncias que permitem maior tempo de esforço até a exaustão. Isso ficou evidenciado a partir dos valores de VC2, VC3 e VC4 determinados por três, quatro e duas distâncias, respectivamente, e que não apresentaram diferenças significantes entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Housh *et al.*⁴⁵ os quais verificaram que a PC estimada a partir de duas coordenadas ($W_{\text{lim}}-t_{\text{lim}}$), foram significativamente correlacionadas ($r=0,96$) com os valores encontrados quando esta foi estimada por quatro coordenadas, quando a diferença de tempo entre as duas coordenadas foi superior a 2,7 minutos. Contudo, quando esta diferença foi maior do que 5 minutos, os índices de correlação foram aumentados ($r=0,98$). Desse modo, os achados indicam a possibilidade da utilização de apenas duas coordenadas ($D_{\text{lim}}-t_{\text{lim}}$), desde que, essas apresentem maior tempo de esforço até a exaustão, o que poderia contribuir na redução do número de sessões empregadas na estimativa da VC.

O presente estudo mostrou ainda diferenças significantes entre a VLAn 4 mM e a VLAn 3,5 mM ($1,34 \pm 0,05$ vs. $1,28 \pm 0,04 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente), apesar da alta e significativa correlação entre os índices ($r=0,89$). Diante desses resultados, parece que as diferenças observadas estão relacionadas aos protocolos, sobretudo à concentração fixa de lactato adotada (4 mM e 3,5 mM). Vale lembrar que a determinação da VLAn em nosso estudo foi composta por duas repetições submáximas de 200 m, conforme utilizada em outros estudos com nadadores

jovens,^{24,25,27,41} com intensidades de 85% e 95% da velocidade máxima para a distância de 200 m, o que correspondeu a aproximadamente 120 e 135 segundos de duração, respectivamente.

A escolha da utilização da concentração de lactato de 3,5 mM para comparar com a concentração de 4 mM, se baseou no fato de que protocolos incrementais e contínuos com estágios inferiores a cinco minutos, devem utilizar concentração fixa de 3,5 mM de lactato na determinação da VLAn ao invés de 4 mM, uma vez que a utilização desta última pode superestimar a intensidade do LAn, o que limita o potencial de utilização deste método.⁸ Estudo prévio realizado por Melo *et al.*,³¹ sugere que a VLAn 4 mM obtida por distâncias de 200 m (2 x 200 m), superestima a intensidade de nado supostamente correspondente ao MEEL em nadadores adolescentes. A partir dos estudos citados, bem como dos resultados observados em nossa investigação, pode-se inferir que a escolha da concentração fixa de 4 mM para estimar a VLAn em nadadores adolescentes, parece não ser a mais adequada quando as distâncias utilizadas nas repetições submáximas forem de 200 m, uma vez que o tempo de nado neste caso é relativamente curto. Assim, sugere-se, neste caso, a utilização da concentração fixa de 3,5 mM de lactato.

Vale ressaltar que apesar de muito utilizada, a determinação do LAn por interpolação dos resultados, tem recebido críticas por não considerar a cinética do lactato individualmente,⁶ e por seus resultados sofrerem influência da disponibilidade prévia de glicogênio muscular.⁷ Desse modo, alguns autores têm sugerido a aplicação do teste de lactato mínimo (Lac_{min}) para a avaliação individual do LAn, pois além de não ter seus resultados afetados pela depleção prévia de glicogênio, o teste de Lac_{min} apresenta objetividade na sua estimativa.⁹ Ressalta-se, no entanto, que a duração dos estágios⁹ durante a fase incremental e a intensidade inicial¹⁰ do teste de Lac_{min} parecem influenciar a intensidade de Lac_{min}, independente do tipo de exercício realizado previamente,¹¹ o que poderia explicar, pelo menos em parte, as controvérsias em relação à validade do Lac_{min} para identificação do MEEL.^{12,13}

Na natação, poucos são os estudos que têm empregado o teste de Lac_{min} para a determinação do LAn, especialmente em população de adolescentes. Estudo de Simões *et al.*,¹⁵ que teve o propósito de investigar a relação entre Lac_{min} e o MEEL a partir de um grupo de atletas nadadores de ambos os gêneros, com idade média de $16,0 \pm 0,8$ anos, não constataram diferenças significantes entre a VLac_{min} e o MEEL ($65,3 \pm 5,6$ vs. $64,3 \pm 4,2$ m.min⁻¹, respectivamente), além de correlação significativa entre os índices ($r=0,93$). Em estudo mais recente, Ribeiro *et al.*¹⁴ verificaram em um grupo de doze nadadores treinados de nível nacional,

com idade média de $19,7 \pm 1,6$ anos, e que fizeram escolha independente da intensidade inicial, valores significativamente similares de $V_{Lac_{min}}$ determinada por estágios com distância de 300 m e o MEEL ($1,28 \pm 0,11$ vs. $1,25 \pm 0,06$ m.s⁻¹, respectivamente). Neste mesmo estudo, quando a $V_{Lac_{min}}$ foi determinada por meio de estágios com distância de 200 m, esta se mostrou significativamente maior que o MEEL ($1,31 \pm 0,12$ vs. $1,25 \pm 0,06$ m.s⁻¹, respectivamente), sugerindo que a utilização de estágios de 200 m e escolha independente da intensidade inicial para determinação da $V_{Lac_{min}}$ superestima o MEEL na natação, o que não parece acontecer quando adota-se distâncias maiores como 300 m. Esses achados foram confirmados pelos mesmos autores em estudo posterior.³⁸

Nossos resultados indicaram que a $V_{Lac_{min}}$ foi significativamente menor que a $V_{LAn\ 4\ mM}$ e $VC1$, além da baixa correlação entre eles ($r= 0,66$ e $r= 0,67$, respectivamente). Porém, a $V_{Lac_{min}}$ se mostrou semelhante a $V_{LAn\ 3,5\ mM}$, $VC2$, $VC3$ e $VC4$ (tabela 1), e significativamente correlacionada aos índices citados anteriormente ($r= 0,85$, $r= 0,91$, $r= 0,92$ e $r= 0,84$, respectivamente). Como relatado anteriormente, os maiores valores encontrados para a $V_{LAn\ 4\ mM}$ em relação aos de $V_{Lac_{min}}$ podem ser explicados pela superestimação das velocidades de nado obtidas a partir do método de $L_{An\ 4\ mM}$.⁸ Diferente dos nossos achados, Simões *et al.*⁴⁶ constataram valores semelhantes entre a intensidade correspondente ao $L_{An\ 4\ mM}$ e ao Lac_{min} ($288,9 \pm 20,1$ vs. $285,2 \pm 19,7$ m.min⁻¹, respectivamente) em doze atletas de atletismo, envolvidos em provas de 5.000 e 10.000 m. Todavia, destaca-se neste estudo que o $L_{An\ 4\ mM}$ foi determinado a partir de duas séries submáximas de corrida de 1.200 m, que proporcionou estágios com tempos aproximados de 4 minutos. Vale lembrar que não foram encontrados trabalhos na literatura que apresentassem análise comparativa entre os protocolos de determinação de $L_{An\ 4\ mM}$ e Lac_{min} na natação, o que limita as comparações.

Com relação às diferenças nos valores de $V_{Lac_{min}}$ e $VC1$, sugerimos que esta tenha ocorrido pelas distâncias empregadas na determinação da $VC1$ (50/100/200m), uma vez que a combinação envolvendo distâncias menores, determina valores maiores de VC .^{27,36} Esses indícios são confirmados por Hiyane *et al.*³⁷ em um grupo de ciclistas, que demonstraram que a VC determinada a partir de curtas distâncias, superestimam de maneira significativa a $V_{Lac_{min}}$. Em contraste, quando as maiores distâncias foram utilizadas como séries preditivas, a VC apresentou valores mais próximos a $V_{Lac_{min}}$.

No que diz respeito às concentrações sanguíneas de lactato referentes ao teste de Lac_{min} , observamos em nossos sujeitos valores médios de $10,11 \pm 1,82$ mM após indução da acidose e de $3,81 \pm 1,10$ mM no momento do lactato mínimo. As concentrações de lactato sanguíneo relatadas por estudos realizados em diferentes tipos de exercícios (ex. ciclismo, corrida, natação) após indução da acidose ($\sim 6\text{--}14$ mM), bem como no momento do lactato mínimo ($\sim 2,4\text{--}7$ mM), tem se mostrado bastante variável. Enquanto alguns estudos têm relatado maiores valores comparados aos encontrados por nós,^{9,10,13,14,32,38,46-48} outros têm indicado valores menores.^{11,49}

Carter *et al.*,¹⁰ Higino e Denadai¹¹ e Carter *et al.*,⁴⁹ sugerem que tanto o nível de lactato pós-indução da acidose resultante de esforços máximos, quanto a intensidade inicial dos esforços, contribuem para as diferenças observadas nos estudos supracitados. Além disso, outros fatores podem contribuir para essas diferenças, como o tipo de fibra muscular,⁵⁰ a densidade capilar dos músculos exercitados,⁵¹ o nível e o tipo (intensidade alta ou moderada) de treinamento no qual o indivíduo está inserido,⁵² além do local de obtenção da amostra de sangue,⁵³ bem como do tratamento (plasma ou sangue total) dado a amostra.⁵⁴ Por outro lado, não podemos desprezar a idade (meninos= $14,8 \pm 0,6$ anos e as meninas= $14,6 \pm 0,8$ anos) dos sujeitos envolvidos na presente investigação, bem como o nível de desenvolvimento das características sexuais secundárias, uma vez que esse fator pode estar relacionado aos menores valores de lactato sanguíneo encontrados na VLac_{min} ($3,81 \pm 1,10$ mM), e a variação individual observada ($\sim 2,5\text{--}6,5$ mM). Foi verificado em nosso estudo que todos os meninos se encontravam dentro do estágio DG4 e PP4, quatro meninas dentro dos estágios DM4 e PP4 e, uma no estágio DM3 e PP3. Segundo Tanner³⁹ os estágios três e quatro indicam a maturação continuada de cada característica e são um tanto mais difíceis de se avaliar, de forma que, indivíduos que se encontram dentro desses estágios ainda não podem ser considerados maduros.

Beneke *et al.*,⁵⁵ relatam variação da concentração de lactato sanguíneo na intensidade de MEEL entre 2,1 mM e 5 mM, e sugerem que a avaliação da aptidão aeróbia de crianças e adolescentes a partir da resposta do lactato sanguíneo deva ser realizada com cautela, uma vez que a variabilidade interindividual do lactato é relativamente grande. Em comparação com adultos, crianças e adolescentes são mais deficitários quanto ao metabolismo anaeróbio,⁵⁶ diferença que parece ter determinantes fundamentais de natureza bioquímica, pois a concentração de lactato no músculo e no sangue desses é mais baixa do que no adulto,^{56,57} da mesma forma que

a taxa de glicólise anaeróbia,⁵⁹ que tende a aumentar concomitantemente com a redução da atividade das enzimas oxidativas, com o avanço da idade.^{56,58}

De acordo com os achados do presente estudo, podemos concluir que a relação entre a VC e o LAn determinado a partir de concentrações fixas de lactato sanguíneo (4 mM ou 3,5 mM) depende da distância empregada na determinação da VC. Além disso, a combinação de diferentes distâncias influencia nos valores de VC, o que pode produzir diferentes resultados, limitando a utilização deste método para prescrição do treinamento. Conclui-se ainda que, o número de coordenadas ($D_{lim-t_{lim}}$) parece não modificar os valores de VC, pelo menos quando são empregadas maiores distâncias, de modo que, seria possível utilizar apenas duas coordenadas ($D_{lim-t_{lim}}$) na estimativa da VC. Observou-se também que, a VC estimada a partir de distâncias maiores apresentou uma maior relação com a $VLac_{min}$. Por fim, considerando que a VLAn 4 mM foi superior a $VLac_{min}$, é possível sugerir ainda que a VLAn 4 mM superestimou a intensidade de exercício onde existe equilíbrio entre a produção e remoção de lactato.

Referências

1. Smith DJ, Norris SR, Hogg JM. Performance evaluation of swimmers: scientific tools. *Sports Med* 2002;32:539-54.
2. Beneke, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol* 2003;89:95-9.
3. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztejn JP. The concept of maximal lactate steady state. *Sports Med* 2003;33:407-26.
4. Svedahl K, Macintosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28:299-323.
5. Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Schürch PM, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed* 1976;27:80-8.
6. Stegmann H, Kindermann W, Schinabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-5.
7. Reilly T, Woodbridge V. Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. *Int J Sports Med* 1998;20:93-7.
8. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-30.
9. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:620-7.
10. Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:837-45.
11. Higino WP, Denadai BS. Effects of using different types of exercise to induce lactate accumulation in order to determine which exercise intensity corresponds to lactate minimum. *Rev Bras Med Esporte* 1998;4:143-6.

12. Bacon L, Kern M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady-state. *J Sports Med Phys Fitness* 1999;39:300-8.
13. Jones AM, Doust JH. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 1998;8:1304-13.
14. Ribeiro L, Balakian P, Malachias P, Baldissera V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43:312-8.
15. Simões HG, Campbell CSG, Tango MLL, Mello F, Maziero DC, Baldissera V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(Suppl 1):161.
16. Hill DW. The critical power concept. *Sports Med* 1993;16:237-54.
17. Vandewalle H, Vautier JF, Kachouri M, Lechevalier JM, Monod H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept: a critical review. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37:89-102.
18. Wakayoshi K, Ilkuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y *et al.* Determination and validity of critical velocity speed as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992;64:153-7.
19. Monod H, Sherrer J. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 1965;8:329-38.
20. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y *et al.* A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992;13:367-71.
21. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y *et al.* Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol* 1993;66:90-5.
22. Kokubun, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. *Rev Paul Educ Fis* 1996;10:5-20.
23. Rodriguez FA, Moreno D, Keskinen KL. Validity of a two – distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard, J.C. (ed). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. Saint-Etienne: University of Saint Etienne, 2003:385-90.
24. Denadai BS, Greco CC, Teixeira M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10 - 12 years of different standards. *J Sports Sci* 2000;18:779-84.
25. Denadai BS, Greco CC, Donega MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev Paul Educ Fis* 1997;11:128-33.
26. Greco CC, Bianco A, Gomide E, Denadai BS. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. *Sci Sports* 2002;17:306-8.
27. Greco CC, Denadai BS, Peligrinotti IL, Freitas ADB, Gomide E. Anaerobic threshold and critical speed determined with different distances in swimmers aged 10 to 15 years: relationship with the performance and blood lactate response during endurance tests. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:1-7.
28. Greco CC, Denadai BS. Critical speed and endurance capacity in young swimmers: effects of gender and age. *Pediatr Exerc Sci* 2005;17:353-63.
29. Deckerle J, Pelayo P, Clipet B, Depretz S, Lefevre T, Sidney M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *Int J Sports Med* 2005;26:524-30.
30. Hill DW, Steward RP, Lane CJ. Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatr Exerc Sci* 1995;7:281-93.

31. Melo JC, Altimari LR, Moraes AC, Bankoff A, Machado MV, Okano R *et al.* Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state in adolescent swimmers?. Abstract Book of the 8th Annual Congress of the European College of Sport Science; 2003 July 9-12; Salzburg, Austria. 2003. p.267.
32. Ribeiro L, Lima M, Brambilla F, Balikian P, Gobatto CA. Respostas fisiológicas, mecânica de nado e percepção subjetiva de esforço durante natação em velocidade crítica. Abstract Book of the 27th Simpósio Internacional de Ciências do Esporte; 2004 Oct 7-9; São Paulo, Brazil. 2004. p.312.
33. Bishop D, Jenkins DG, Howard A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *International Int J Sports Med* 1998;19:125-9.
34. Calis JFF, Denadai BS. Effect of selected loads on the critical power determination in the arm ergometer by two linear models. *Rev Bras Med Esporte* 2000;6:1-4.
35. Jenkins D, Krettek K, Bishop D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. *J Sci Med Sport* 1998;4:213-8.
36. Fontes EB, Borges TO, Altimari LR, Melo JC, Okano AH, Cyrino ES. Influência do número de coordenadas e da seleção de distâncias na determinação da velocidade crítica na canoagem de velocidade. *Rev Bras Ciên e Mov* 2002;10(suppl 1):161.
37. Hiyan W, Simões HG, Gracinda M, Pardono E, Sotero R, Campbell CSG. A velocidade crítica superestima a velocidade correspondente ao ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo. Abstract Book of the 27th Simpósio Internacional de Ciências do Esporte; 2004 Oct 7-9; São Paulo, Brazil. 2004. p.45.
38. Ribeiro L, Baldissera V, Balikian P, Soares AR. Limiar anaeróbico em natação: comparação entre diferentes protocolos. *Rev Bras Educ Fis Esp* 2004;18:201-12.
39. Tanner JM. Growth at Adolescence. Oxford: Blackwell Scientific Publications; 1962.
40. Schlossberger NM, Turner RA, Irwin CE Jr. Validity of self-report of pubertal maturation in early adolescents. *J Adolesc Health* 1992;13:109-13.
41. Melo JC, Altimari LR, Machado MV, Chacon-Mikahil MPT, Cyrino ES. Velocidade crítica, limiar anaeróbico e intensidade de nado na máxima fase estável de lactato sanguíneo em nadadores juvenis. *Lect Educ Fis Deportes* 2005;10: on-line.
42. Vandewalle H, Kapitaniak B, Grün S, Raveneau S, Monod, H. Comparison between a 30-s all-out test and time-work test on a cycle ergometer. *Eur J Appl Physiol* 1989;58:375-81.
43. Dekkerle J, Baron B, Dupont L, Vanvelcenaher J, Pelayo P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *Eur J Appl Physiol* 2003;89: 281-88.
44. Jenkins DG, Quigley BM. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur J Appl Physiol* 1990;61:278-83.
45. Housh DJ, Housh TJ, Bauge SM. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Res Q Exerc Sport* 1990;61:406-9.
46. Simões HG, Campbell CSG, Baldissera V, Denadai BS, Kokubun E. Determinação do limiar anaeróbico por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. *Rev Paul Educ Fis* 1998;12:17-30.
47. Baldissera V, Campbell CSG, Simões HG, Denadai BS, Hill DW. Two methods to identify the anaerobic threshold. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(Suppl 1):326.
48. Simões HG, Campbell CSG, Kokubun E, Denadai BS, Baldissera V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *Eur J Appl Physiol* 1999;80:34-40.
49. Carter H, Jones AM, Doust JH. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. *J Sports Sci* 1999;17:957-67.

50. Bonen A, Campbell CJ, Kirby RI, Belcastro AN. Relationship between slow-twitch muscle fibres and lactic acid removal. *Can J Sport Sci* 1978;3:160-2.
51. Tesch PA, Wright JE. Recovery from short-term intense exercise: its relation to capillary supply and blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol* 1983;52:98-103.
52. Taoutaou Z, Granier P, Mercier B, Mercier J, Ahmaidi S, Prefaut C. Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes. *Eur J Appl Physiol* 1996;73:465-70.
53. Williams JR, Armstrong N, Kirby BJ. The influence of the site of sampling and assay medium upon the measurement and interpretation of blood lactate responses to exercise. *J Sports Sci* 1992;10:95-107.
54. Robergs RA, Chwalbinska-Moneta J, Mitchell JB, Pascoe DD, Houmard J, Costill D. Blood lactate threshold differences between arterialized and venous blood. *Int J Sports Med* 1990;11:446-51.
55. Beneke R, Schwarz V, Leithäuser R, Hütler M, Duvillard SP. Maximal lactate steady state in children. *Pediatr Exerc Sci* 1996;8:328-36.
56. Ericksson BO, Saltin B. Muscle metabolites during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. *Acta Paediatr Belg* 1974;28(suppl 1):257-65.
57. Williams JR, Armstrong N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. *Pediatr Exerc Sci* 1991;3:333-41
58. Pfitzinger P, Freedson P. Blood lactate responses to exercise in children: part 1. peak lactate concentration. *Pediatr Exerc Sci* 1997;9:210-22.

4.2 Artigo original 2

CORRELAÇÕES ENTRE PROTOCOLOS DE DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO E O DESEMPENHO AERÓBIO EM NADADORES ADOLESCENTES

CORRELATIONS BETWEEN PROTOCOLS OF DETERMINATION OF THE ANAEROBIC THRESHOLD AND THE AEROBIC PERFORMANCE IN ADOLESCENT SWIMMERS

Juliana Cordeiro de Melo^{1,2}

Leandro Ricardo Altimari^{1,2}

Andréia Gulak¹

✉Mara Patricia Traina Chacon-Mikahil¹

¹Faculdade de Educação Física - UNICAMP, Campinas, Brasil.

²Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício - UEL, Londrina, Brasil.

(✉)Endereço para correspondência:

Profa. Mara Patricia Traina Chacon-Mikahil
Faculdade de Educação Física - UNICAMP
Av. Érico Veríssimo 701, Cidade Universitária Zeferino Vaz
Barão Geraldo - Campinas, SP, Brasil.
E-mail marapatricia@fef.unicamp.br

RESUMO

CORRELAÇÕES ENTRE PROTOCOLOS DE DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO E O DESEMPENHO AERÓBIO EM NADADORES ADOLESCENTES

O objetivo do presente estudo foi correlacionar as velocidades de limiar anaeróbio (LAn) obtidas a partir de concentrações fixas de lactato (VLAN 4 e VLAN 3,5 mM), velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) e a velocidade crítica (VC) determinada a partir de diferentes distâncias: VC1 (50/100/200 m), VC2 (100/200/400 m), VC3 (50/100/200/400 m) e VC4 (200/400 m) com o desempenho nos 400 metros (s) em nadadores adolescentes. Fizeram parte da amostra quinze nadadores (10 meninos = 14,8 ± 0,6 anos; 64,4 ± 8,2 kg; 174,1 ± 8,3 cm e 5 meninas = 14,6 ± 0,8 anos; 57,1 ± 7,4 kg; 155,0 ± 6,6 cm) de nível nacional, com experiência entre 5 e 7 anos na natação competitiva. Para análise das correlações entre os índices e o desempenho nos 400 m (s) foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $p < 0,01$. As correlações entre a VLAN 4 mM, VLAN 3,5 mM, VLac_{min} e o desempenho nos 400 m (s) foram de $r = -0,63$, $r = -0,90$ e $r = -0,91$, respectivamente ($p < 0,01$). As correlações entre a VC1 (50/100/200m), VC2 (100/200/400 m), VC3 (50/100/200/400 m), VC4 (200/400 m) e o desempenho nos 400 m (s) foram: $r = -0,62$, $r = -0,97$, $r = -0,98$ e $r = -0,94$, respectivamente ($p < 0,01$). Sugere-se que o LAn determinado a partir da concentração fixa de lactato de 3,5 mM, bem como a VLac_{min} e a VC obtida por meio de distâncias maiores parecem ser os mais adequados índices preditores do desempenho aeróbio nos nadadores adolescentes estudados.

Palavras-chave: limiar anaeróbio, desempenho aeróbio, nadadores adolescentes.

ABSTRACT

CORRELATIONS BETWEEN PROTOCOLS OF DETERMINATION OF ANAEROBIC THRESHOLD AND THE AEROBIC PERFORMANCE IN ADOLESCENT SWIMMERS

The purpose of this study was to correlate the anaerobic threshold speeds (ATS) obtained from fixed lactate blood concentration (ATS 4 e ATS 3,5 mM), lactate minimum speed (Lac_{min}S) and the critical speed (CS) determined from different distances: CS1 (50/100/200 m), CS2 (100/200/400 m), CS3 (50/100/200/400 m) and CS4 (200/400 m) with the performance in 400 meters (s) in adolescent swimmers. The sample was constituted by fifteen swimmers (10 boys = 14.8 ± 0.6 years, 64.4 ± 8.2 kg, 174.1 ± 8.3 cm and 5 girls = 14.6 ± 0.8 years; 57.1 ± 7.4 kg; 155.0 ± 6.6 cm) of national level, with 5 to 7 years of experience in competitive swimming. The correlation between the indexes and the performance in 400 m (s) was made using Pearson correlation coefficients. Significance was set at $p < 0.01$. The correlations between ATS 4 mM, ATS 3,5 mM, Lac_{min}S and the performance in 400 m (s) they were: $r = -0.63$, $r = -0.90$ e $r = -0.91$, respectively ($p < 0.01$). The correlations between CS1 (50/100/200m), CS2 (100/200/400 m), CS3 (50/100/200/400 m), CS4 (200/400 m) and the performance in 400 m (s) they were of $r = -0.62$, $r = -0.97$, $r = -0.98$ e $r = -0.94$, respectively ($p < 0.01$). We suggest that ATS obtained from fixed lactate blood concentration of 3,5 mM, as well as Lac_{min}S and the CS obtained through larger distances seem to be the most indexes of prediction of the aerobic performance in the studied adolescent swimmers.

Key words: anaerobic threshold, aerobic performance, adolescent swimmers.

INTRODUÇÃO

Há algum tempo busca-se índices que possam avaliar a aptidão aeróbia e, simultaneamente, possibilitar a prescrição adequada da intensidade do treinamento em atletas. Nesse sentido, ao longo dos anos, o consumo máximo de oxigênio (VO_2max) foi considerado o parâmetro *gold standard* para avaliação da capacidade aeróbia em indivíduos ativos, sedentários e atletas, considerando sua importante relação com o desempenho, particularmente em esforços físicos prolongados sob intensidade moderada¹.

Na natação, particularmente em provas que envolvem distâncias maiores, não tem sido relatado na literatura a existência de correlação significativa entre o VO_2max e o desempenho de nado. Ribeiro et al.² investigou um grupo de nadadores treinados e não encontrou correlação significativa entre o VO_2max e o desempenho nos 400 m nado crawl. Esses achados corroboram com resultados obtidos em outros estudos posteriores que utilizaram a mesma distância^{3,4,5}. Resultados similares têm sido relatados em estudos envolvendo crianças, embora observam-se níveis variados de correlação com o desempenho aeróbio^{6,7}. Além disso, relatos na literatura indicam que o VO_2max , além de ser influenciado pelo débito cardíaco máximo⁸, também é dependente de fatores genéticos^{9,10}.

Considerando as limitações impostas pela utilização do VO_2max , a resposta do lactato sanguíneo ao exercício tem sido amplamente empregada, a partir da determinação do limiar anaeróbio (LAn) uma vez que este é considerado um referencial extremamente interessante para a prescrição da intensidade do treinamento, controle dos efeitos do treinamento, predição do desempenho aeróbio, bem como avaliação da capacidade aeróbia de sujeitos ativos, sedentários e atletas¹¹.

Entre as metodologias empregadas para a determinação do LAn, existem as que utilizam protocolos que medem de forma direta a concentração do lactato sanguíneo, utilizando-se de concentrações fixas^{12,13,14,15} ou variáveis^{16,17}. Ressalta-se, entretanto, que atualmente a metodologia de lactato mínimo (Lac_{min}) proposta inicialmente por Tegtbur et al.¹⁷ e adaptada para natação têm recebido destaque, particularmente porque permite a identificação do máximo estado estável de lactato (MEEL) de maneira individualizada^{18,19}.

Considerando que o LAn obtido a partir dos métodos descritos são invasivos, exigem coleta de amostras de sangue, bem como preço elevado e a especificidade dos equipamentos de análise, é importante a busca de métodos alternativos e muitas vezes mais viáveis de serem

aplicados. Nesse sentido, a velocidade crítica (VC) que corresponde a velocidade de nado que teoricamente pode ser mantida por um período mais prolongado de tempo sem exaustão, tem sido apontada como um dos índices não invasivos de maior potencial para a avaliação do desempenho aeróbio e predição do LAn de nadadores adultos^{3,4,5,20,21}, crianças e adolescentes^{22,23,24,25,26,27,28,29}, independentemente do nível de performance²⁵. Vale ressaltar que, a combinação de distâncias menores na predição da VC, em nadadores jovens, determinam valores significativamente maiores de VC quando comparadas a combinações que envolvem maiores distâncias²⁹, o que poderia, sobretudo, contribuir para diferenças na relação entre a VC e o desempenho de nado e, conseqüentemente na sua predição.

Considerando que são poucos os estudos que têm procurado investigar os índices fisiológicos capazes de determinar o desempenho nas provas com predomínio aeróbio na natação, o objetivo da presente investigação foi correlacionar a velocidade de LAn obtida a partir de concentrações fixas de lactato (LAn 4 e LAn 3,5 mM), a velocidade de Lac_{min} e a VC determinada a partir de diferentes distâncias com o desempenho obtido nos 400 metros (s) na natação, em nadadores adolescentes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Sujeitos

A amostra foi constituída por quinze nadadores (10 meninos = 14,8 ± 0,6 anos; 64,4 ± 8,2 kg; 174,1 ± 8,3 cm e 5 meninas = 14,6 ± 0,8 anos; 57,1 ± 7,4 kg; 155,0 ± 6,6 cm) de nível nacional, com experiência entre 5 e 7 anos na natação competitiva. Onze sujeitos eram especialistas no estilo "crawl" (curta e média distância: n = 7, e longa distância: n = 4), três no estilo costas (curta e média distância) e um no estilo peito (curta e média distância). Todos estavam envolvidos em programa de treinamento sistematizado de seis sessões semanais, com volume médio semanal entre 36.000 e 40.000 m antes do início das coletas de dados. Durante a coleta de dados estes se encontravam na fase de polimento. Os responsáveis pelos sujeitos, após serem esclarecidos sobre as finalidades do estudo e os procedimentos aos quais os atletas seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP.

Delineamento experimental

Todos os testes foram realizados na mesma piscina semi-olímpica (25 m) com temperatura da água variando entre 26 e 27°C, onde os sujeitos, sempre utilizando o estilo “crawl”, participaram de sete ou oito avaliações com intervalo de 24 a 48 horas entre as mesmas. O aquecimento foi realizado livremente antes de cada sessão experimental e em todos os testes os nadadores receberam instrução visual a cada 25 m a fim de que as velocidades pré-estabelecidas fossem mantidas. O horário das sessões de avaliação foi o mesmo durante todo o protocolo experimental. Para a familiarização com os protocolos de testes e equipamentos utilizados, os voluntários foram submetidos a estudo piloto.

Velocidade no limiar anaeróbio

A velocidade no limiar anaeróbio (VLAn) foi determinada por meio de metodologia similar a proposta por Mader et al.¹² utilizando-se concentrações fixas de 4 mM (VLAn 4 mM) e 3,5 mM (VLAn 3,5 mM) de lactato sangüíneo¹⁵. Para tanto, foram realizadas duas repetições de nado submáximas de 200 m, sendo a primeira a 85% e a segunda a 95% da velocidade máxima para a distância de 200 m, com intervalo de 20 minutos entre as repetições em recuperação passiva. Após o primeiro, terceiro e quinto minuto da realização de cada tiro, foram coletados 25 µL de sangue arterializado do lóbulo da orelha, com o auxílio de um capilar heparinizado e calibrado, para dosagem do lactato sangüíneo. As velocidades médias correspondentes à VLAn 4 mM e VLAn 3,5 mM foram determinadas por interpolação linear entre a mais alta concentração de lactato de cada tiro e suas respectivas velocidades.

Velocidade de lactato mínimo

Para a determinação da velocidade de lactato mínimo (VLac_{min}) foi utilizada adaptação do protocolo proposto por Tegtbur et al.¹⁷ para corredores, conforme sugerido por Ribeiro et al.¹⁹ Inicialmente os indivíduos realizaram dois esforços máximos de 50 m, com intervalo de 1 minuto entre os mesmos, para a indução de considerável acúmulo de lactato na corrente sangüínea (acidose láctica). Após período de recuperação passiva de 8 minutos, os voluntários iniciaram um protocolo de exercício incremental com estágios de 300 m, sendo a velocidade inicial variando entre 1,10 e 1,25 m.s⁻¹ e incrementos de 0,05 m.s⁻¹ a cada repetição até a exaustão¹⁹. A velocidade inicial foi escolhida por cada indivíduo de forma que estes realizassem de quatro a seis esforços.

No sétimo minuto após a indução da acidose láctica e imediatamente após cada repetição durante a fase incremental, foram coletados aproximadamente 25 µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha, através de um capilar heparinizado e calibrado, para dosagem do lactato sanguíneo. A $V_{Lac_{min}}$ foi considerada aquela em que se observou a menor concentração sanguínea de lactato durante a fase progressiva do teste¹⁹.

Velocidade crítica

Para a determinação da velocidade crítica (VC) foram realizados tiros máximos nas distâncias de 50, 100, 200 e 400 m, registrando-se os respectivos tempos, sendo que a saída dos tiros foi dada dentro da piscina, junto à borda. Os tiros foram realizados em ordem aleatória durante as sessões de treinamento, sendo uma tentativa por sessão. A VC foi determinada através da inclinação (b) da reta de regressão linear entre as distâncias e seus respectivos tempos obtidos em cada repetição³. Para a determinação da VC1 foram utilizadas as distâncias de 50, 100 e 200 m; para a VC2 foram utilizadas as distâncias de 100, 200 e 400 m; para a VC3 foram utilizadas as distâncias de 50, 100, 200 e 400 m e; para a VC4 foram utilizadas as distâncias de 200 e 400 m. Os atletas foram avaliados em grupos para motivá-los a tentar o melhor desempenho. O tempo foi registrado com um cronômetro digital manual (SEIKO S140, JAPAN) com precisão de milésimos de segundos.

Análise do lactato sanguíneo

As amostras sanguíneas coletadas para dosagem do lactato foram imediatamente colocadas em microtúbulos de polietileno com tampa tipo Eppendorff de 1,0 ml, contendo 50 µl de solução hemolisante (fluoreto de sódio, 1%) e em seguida armazenadas a -70° C. A análise do lactato foi realizada através de analisador eletroquímico (YSL 2300 STAT Yellow Spring Co., USA).

Análise estatística

Para análise das correlações entre a V_{LAn} 4 mM, V_{LAn} 3,5 mM, $V_{Lac_{min}}$, VC1, VC2, VC3, VC4 e o desempenho nos 400 m (s) foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson. O nível de significância adotado foi de $p < 0,01$.

RESULTADOS

Na tabela 1, encontram-se os valores médios para a VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min}, VC1, VC2, VC3 e VC4.

Tabela 1. Valores médios (\pm DP) das velocidades ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) correspondentes ao limiar anaeróbio de 4 mM (VLAn 4), limiar anaeróbio de 3,5 mM (VLAn 3,5), lactato mínimo (VLac_{min}), e as velocidades críticas (VC) 1, VC2, VC3 e VC4 (n=15).

	VLAn 4 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	VLAn 3,5 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	VLac _{min} ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	VC1 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	VC2 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	VC3 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	VC4 ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)
Média	1,34	1,28	1,27	1,33	1,26	1,27	1,25
DP	$\pm 0,05$	$\pm 0,04$	$\pm 0,05$	$\pm 0,05$	$\pm 0,06$	$\pm 0,06$	$\pm 0,07$

Na Figura 1 são apresentadas as correlações (r) entre a VLAn 4 mM, VLAn 3,5 mM, VLac_{min} e o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,63$, $r=-0,90$ e $r=-0,91$, $p<0,01$, respectivamente).

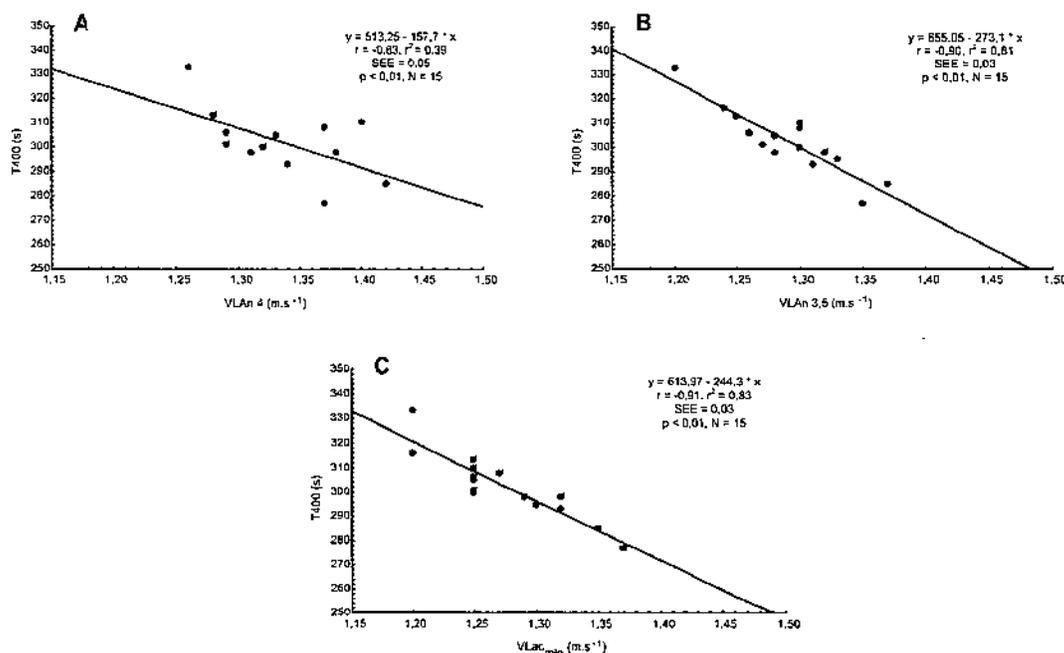


Figura 1. Correlações entre as velocidades ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) correspondentes a VLAn 4 mM (A), VLAn 3,5 mM (B) e VLac_{min} (C), e o desempenho nos 400 m (T_{400}) (s).

Na Figura 2 são apresentadas as correlações (r) entre a VC1 (50/100/200 m), VC2 (100/200/400 m), VC3 (50/100/200/400 m), VC4 (200/400 m) e o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,62$, $r=-0,97$, $r=-0,98$ e $r=-0,94$, $p<0,01$, respectivamente).

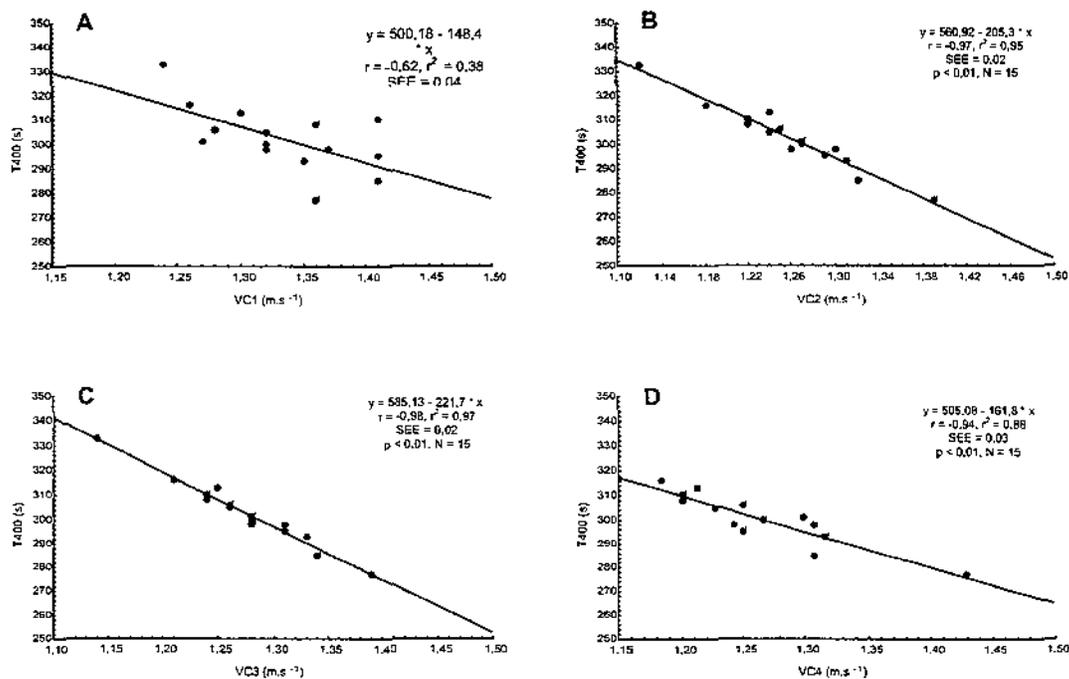


Figura 2. Correlações entre as velocidades (m.s⁻¹) correspondentes a VC1 (A), VC2 (B), VC3 (C) e VC4 (D), e o desempenho nos 400 m (T400) (s).

DISCUSSÃO

Diante da necessidade de analisar índices capazes de prever o desempenho na natação que permitam uma prescrição mais adequada do treinamento, e também, uma avaliação mais precisa dos efeitos deste treinamento, o propósito da presente investigação foi correlacionar a velocidade de LAN obtida a partir de concentrações fixas de lactato (LAN 4 e LAN 3,5 mM), a velocidade de Lac_{min} e a VC determinada a partir de diferentes distâncias com o desempenho nos 400 metros (m) em nadadores adolescentes. Assim, os achados do presente estudo mostram que:

- 1) os valores de correlações obtidos entre a VLAN 3,5 mM, VLac_{min}, VC2, VC3 e VC4 e o

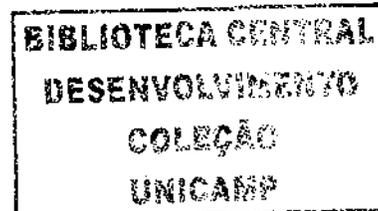
desempenho nos 400 m (s) foram altamente significantes; 2) a VLAn 4 mM e a VCI apresentaram baixos valores de correlação com o desempenho nos 400 m (s).

O LAn tem sido considerado um índice extremamente interessante para a predição do desempenho aeróbio de atletas¹¹. Estudos com nadadores adultos realizados por Wakayoshi et al.^{3,4,5} encontraram correlações significativamente elevadas entre LAn de 4 mM e o desempenho nos 400 m ($r=0,76$, $r=0,90$ e $r=0,93$, respectivamente). Da mesma forma, Bonifazi et al.³¹ investigando atletas treinados de ambos os gêneros verificaram níveis elevados de correlação entre o LAn de 4 mM e o desempenho nas distâncias de 400 m ($r=0,86$) e 800 m ($r=0,84$) nas nadadoras, e nas distâncias de 200 m ($r=0,72$), 400 m ($r=0,87$) e 1500 m ($r=0,91$) nos nadadores. Em adição, Guglielmo e Denadai³² investigando um grupo formado por nadadores e triatletas treinados constataram uma alta e significativa correlação entre LAn de 4 mM e o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,90$). Neste mesmo estudo, quando LAn foi determinado em ergômetro de braço, também foi encontrada uma correlação significativa com o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,74$).

Como visto, o presente estudo mostra diferentes valores de correlação entre a VLAn 4 mM e a VLAn 3,5 mM com o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,63$ e $r=-0,90$, respectivamente), indicando que a concentração de lactato utilizada na determinação do LAn interfere na relação com o desempenho de nado do grupo estudado. Estudo de Greco et al.²⁹ envolvendo nadadores do gênero masculino e feminino com idade entre 13 e 15 anos encontrou valores de correlação significativamente elevados entre a LAn 4 mM e o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,89$ a $r=-0,92$, respectivamente). Ainda neste estudo, quando analisados nadadores mais jovens (10 e 12 anos) os meninos apresentaram valores de correlação de $r=-0,88$ e as meninas de $r=-0,97$, entre o LAn 4 mM e o desempenho nos 400 m (s).

Em outro estudo envolvendo também nadadores de ambos os gêneros com idade entre 10 a 12 anos Denadai e Greco²³ encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a LAn 4 mM e o desempenho nos 200 m ($r=0,93$). Semelhantemente, Freitas et al.²⁷ estudando um grupo de jovens (10 a 12 anos) nadadores de ambos os gêneros encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a LAn 4 mM e o desempenho nos 200 m ($r=0,88$) e 400 m ($r=0,94$).

Vale lembrar que a determinação da VLAn em nosso estudo foi composta por duas repetições submáximas de 200 m, conforme utilizada em outros estudos com nadadores jovens^{24,25,29,33}, com intensidades de 85% e 95% da velocidade máxima para a distância de 200 m,



o que correspondeu a aproximadamente 120 e 135 segundos de duração, respectivamente. Em adição, deve-se considerar que protocolos incrementais e contínuos com estágios inferiores a cinco minutos, devem utilizar concentração fixa de 3,5 mM de lactato na determinação da VLAN ao invés de 4 mM, uma vez que a utilização desta última pode superestimar a intensidade do LAn, o que limita o potencial de utilização deste método tanto para predição do desempenho quanto para determinação da capacidade aeróbia¹⁵. Essas observações podem explicar pelo menos em parte os maiores valores de correlação encontrado entre o desempenho nos 400 m (s) e o LAn determinado pela concentração de 3,5 mM de lactato sanguíneo.

Apesar de muito utilizada, a determinação do LAn por interpolação dos resultados, tem recebido críticas por não considerar a cinética do lactato individualmente¹⁶, e por seus resultados sofrerem influência da disponibilidade prévia de glicogênio muscular³⁴. Desse modo, alguns autores têm sugerido a aplicação do teste de lactato mínimo (Lac_{min}) para a avaliação individual do LAn, pois além de não ter seus resultados afetados pela depleção prévia de glicogênio, o teste de Lac_{min} apresenta objetividade na sua estimativa¹⁷.

Na natação, poucos são os estudos que têm empregado o teste de Lac_{min} para a determinação do LAn, especialmente em população de adolescentes. Estudo de Simões et al.¹⁸ que teve o propósito de investigar a relação entre Lac_{min} e o desempenho nas distâncias de 200 e 700 m em um grupo de nadadores treinados, com idade média de $16,0 \pm 0,8$ anos, constatou correlações significantes entre a VLac_{min} e o desempenho nos 200 m e 700 m ($r=0,97$ e $r=0,96$, respectivamente). Mais recentemente, Santos et al.³⁵ estudando nadadores de ambos os gêneros com idade média de $15,3 \pm 1,1$ anos, encontraram correlações significantes entre a VLac_{min} e o desempenho nos 200 m e 400 m ($r=0,94$ e $r=0,94$, respectivamente). Nossos resultados corroboram com esses achados anteriores onde a correlação entre a VLac_{min} e o desempenho nos 400 m (s) foi significativamente elevada ($r=0,91$). Como já relatado, os maiores valores de correlação encontrados entre a VLac_{min} e o desempenho nos 400 m (s) em relação aos observados para a VLAN 4 mM e o desempenho nos 400 m (s) podem ser explicados pela superestimação das velocidades de nado obtidas a partir do método de LAn 4 mM¹⁵.

A VC que corresponde a velocidade de nado que teoricamente pode ser mantida por um longo período de tempo sem exaustão, tem sido apontada como um dos índices não invasivos de maior potencial para a avaliação do desempenho aeróbio e predição do LAn de nadadores

adultos^{3,4,5,20,21}. Estudo de Wakayoshi et al.³ com um grupo de nadadores adultos bem treinados utilizando *swimming-flume*, observou correlação significativamente elevada entre VC e o desempenho nos 400 m ($r=0,86$). Ainda em *swimming-flume*, Wakayoshi et al.⁴ encontraram valor de correlação significativa entre a VC e o desempenho nos 400 m ($r=0,82$). Nesse mesmo estudo, quando a VC determinada pelas distâncias de 50, 100, 200 e 400 metros foram obtidos em piscina (25 m), a correlação entre a VC e o desempenho nos 400 m foi de $r=0,99$.

Em adição, estudos realizados em piscina por Wakayoshi et al.⁵ que utilizaram distâncias de 200 e 400 metros, Kokubun²⁰ que utilizou distâncias de 100, 200 e 400 metros e Rodriguez et al.²¹ que utilizaram distâncias de 100 e 400 na determinação da VC em nadadores adultos treinados, também encontraram correlações significantes entre a VC e o desempenho nos 400 m ($r=0,97$, $r=0,95$ e $r=0,94$, respectivamente). Vale ressaltar ainda que Kokubun²⁰ em seu estudo observou correlação significativa entre a VC e o desempenho nos 800 m ($r=0,99$).

Hill et al.²² sugerem a utilização da VC na avaliação do desempenho aeróbio de nadadores jovens (8 a 18 anos). Esses autores, após analisarem a relação entre a VC e o desempenho em dois grupos de nadadores, encontraram para o grupo mais jovem (média de 11 anos) uma correlação significativa entre a VC e o desempenho nos 457 m ($r=0,92$), e para o grupo mais velho (média de 15 anos) encontrou-se uma correlação de $r=0,92$ entre a VC e o desempenho nos 1509 m.

Em nosso estudo foram verificadas correlações significativamente elevadas entre a VC2, VC3 e VC4 com o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,97$, $r=-0,98$ e $r=-0,94$, respectivamente). Contudo quando analisada a relação entre a VC1 e o desempenho nos 400 m (s) esta se mostrou baixa ($r=-0,62$). Esses achados sugerem que a combinação de diferentes distâncias na determinação da VC, sobretudo envolvendo distâncias menores e, conseqüentemente, com menores tempos de execução, influencia na relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, o que pode limitar a utilização deste método para predição de desempenho. Corroborando com esses achados, Greco et al.²⁹ demonstraram que a combinação de distâncias menores (25/50/100 m) na predição da VC, com tempos de exaustão entre 14 e 121 segundos, determinou valores significativamente maiores de VC em nadadores jovens de ambos os gêneros, com idades entre 10 e 15 anos, do que quando as combinações envolveram maiores distâncias (50/100/400 m e 100/200/400 m).

Estudo de Barsa et al.²⁶ em nadadores de ambos os gêneros com idade entre 13 e 15 anos encontrou valores de correlação significativamente elevados entre a VC determinada pelas distâncias 100, 200 e 400 m e o desempenho nos 100 m ($r=0,87$), 200 m ($r=0,97$) e 400 m ($r=1,00$). Neste mesmo estudo, quando analisados os nadadores mais jovens (10 e 12 anos) os valores das correlações entre a VC e o desempenho nos 100, 200 e 400 m foram de $r=0,91$, $r=0,92$ e $r=1,00$, respectivamente. Da mesma forma, estudo de Greco et al.²⁹ envolvendo nadadores do gênero masculino e feminino com idade entre 13 e 15 anos encontrou valores de correlações significativamente elevados entre a VC determinada pelas distâncias 50, 100 e 200m, e o desempenho nos 400 m (s) ($r=-0,95$ a $r=-0,88$, respectivamente). Ainda neste estudo, quando analisados nadadores mais jovens (10 e 12 anos) os meninos apresentaram valores de correlação de $r=-0,88$ e as meninas de $r=-0,96$, entre a VC e o desempenho nos 400 m (s).

Semelhantemente, Denadai e Greco²³ estudando nadadores de ambos os gêneros com idade entre 10 a 12 anos encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a VC determinada pelas mesmas distâncias (50/100/200 m) e o desempenho nos 200 m ($r=0,98$). Em adição, Freitas et al.²⁷ estudando um grupo de jovens (10 a 12 anos) nadadores de ambos os gêneros encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a VC determinada pelas distâncias 100, 200 e 400m e o desempenho nos 200 m ($r=0,95$) e 400 m ($r=1,00$). Mais recentemente, Bartholomeu-Neto et al.³⁶ estudando nadadores de ambos os gêneros com idade média de $14,3 \pm 1,2$ anos encontraram valores de correlação significativamente elevados entre a VC determinada pelas mesmas distâncias (100/200/400 m) e o desempenho nos 200 m ($r=0,95$) e 400 m ($r=0,98$).

Observa-se ainda em nosso estudo que o número de coordenadas ($D_{lim}-t_{lim}$) parece não influenciar na relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, pelo menos quando são utilizadas distâncias que permitem maior tempo de esforço até a exaustão. Isso ficou evidenciado a partir dos valores de correlação observados entre a VC2, VC3 e VC4 determinados por três, quatro e duas distâncias, respectivamente, e o desempenho nos 400 m (s), os quais foram muito próximos ($r=-0,97$, $r=-0,98$ e $r=-0,94$, respectivamente).

Estudo de Housh et al.³⁷ verificou que a potência crítica (PC) estimada a partir de duas coordenadas ($W_{lim}-t_{lim}$), foi significativamente correlacionada ($r=0,96$) com os valores encontrados quando esta foi estimada por quatro coordenadas, quando a diferença de tempo entre as duas coordenadas foi superior a 2,7 minutos. Contudo, quando esta diferença foi maior do que

5 minutos o índice de correlação foi aumentado ($r=0,98$). Deste modo, os achados indicam a possibilidade da utilização de apenas duas coordenadas ($D_{lim-t_{lim}}$) para predição do desempenho de nado, desde que essas apresentem maior tempo de esforço até a exaustão, o que poderia contribuir na redução do número de sessões empregadas na estimativa da VC.

CONCLUSÕES

De acordo com os achados do presente estudo, sugere-se que escolha da concentração de lactato para a determinação do LAn interfere na relação com o desempenho aeróbio para os adolescentes estudados. Além disso, a combinação de diferentes distâncias na determinação da VC, sobretudo envolvendo distâncias menores, influencia na relação entre VC e o desempenho aeróbio. Sugere-se ainda que, o número de coordenadas ($D_{lim-t_{lim}}$) parece não influenciar a relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, pelo menos quando são empregadas maiores distâncias na sua determinação, de modo que, seria possível utilizar apenas duas coordenadas ($D_{lim-t_{lim}}$) na predição do desempenho. Por fim, podemos concluir que o LAn determinado a partir de 3,5 mM, a $VLac_{min}$ e a VC obtida por meio de distâncias maiores parecem ser bons índices preditores de desempenho aeróbio em nadadores adolescentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. Dr. Benedito S. Denadai do Laboratório de Performance Humana - UNESP/Rio Claro por ter possibilitado a análise do lactato sanguíneo, bem como ao CNPq e a FAPESP pelas bolsas outorgadas. Agradecem ainda, a CPG-FEF/UNICAMP pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Basset JR DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:70-84.
2. Ribeiro JP, Sadavid E, Baena J, Monsalvet E, Barna A, DE Rose, EH. Metabolic predictions of middle-distance swimming performance. *Br J Sports Med* 1990;24:196-200.
3. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Mutoh Y *et al.* Determination and validity of critical velocity speed as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992;64:153-157.

4. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y *et al.* A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992;13:367-371.
5. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Harada T, Moritani T, Mutoh Y *et al.* Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? *Eur J Appl Physiol* 1993;66:90-95.
6. Cyrino ES, Okano AH, Silva KES, Altimari LR, Dórea VR, Zucas SM, Burini RC. Aptidão aeróbia e sua relação com os processos de crescimento e maturação. *Revista de Educação Física da Uem* 2002;13:17-26.
7. Tomkinson GR, Leger LA, Olds TS, Cazorla G. Secular trends in the performance of children and adolescents (1980–2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. *Sports Med* 2003;33:285-300.
8. Saltin B, Strange S. Maximal oxygen uptake: old and new arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24:30-37.
9. Klissouras V. Heritability of adaptive variation. *J Appl Physiol* 1971;31:338-344.
10. Klissouras V, Pirnay F, Petit JM. Adaptation to maximal effort: genetics and age. *J Appl Physiol* 1973;35:288-293.
11. Svedahl K, Macintosh BR. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28:299-323.
12. Mader A, Liesen H, Heck H, Philippi H, Schürch PM, Hollmann W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. *Sportarzt Sportmed* 1976;27:80-88.
13. Kinderman W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transitions for determination of workload intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol* 1979;42:25-34.
14. Sjodin B, Jacobs I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *Int J Sports Med* 1981;2:23-26.
15. Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollmann W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *Int J Sports Med* 1985;6:117-130.
16. Stegmann H, Kindermann W, Schinabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 1981;2:160-165.
17. Tegtbur U, Busse MW, Braumann KM. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:620-627.

18. Simões HG, Campbell CSG, Tango MLL, Mello F, Maziero DC, Baldissera V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(Suppl 1):161.
19. Ribeiro L, Balakian P, Malachias P, Baldissera, V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. *J Sports Med Phys Fitness* 2003;43:312-318.
20. Kokubun, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbico na natação. *Rev Paul Educ Fis* 1996;10:5-20.
21. Rodriguez FA, Moreno D, Keskinen KL. Validity of a two – distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard, J.C. (ed). *Biomechanics and Medicine in Swimming IX*. Saint-Etienne: University of Saint Etienne, 2003:385-390.
22. Hill DW, Steward RP, Lane CJ. Application of the critical power concept to young swimmers. *Pediatr Exerc Sci* 1995;7:281-293.
23. Denadai BS, Greco CC. Correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de limiar anaeróbico com as performances nos 50, 100, 200 metros, em nadadores de 10 a 12 anos. *Revista da Associação dos Professores de Educação Física de Londrina* 1997;12:33-41.
24. Denadai BS, Greco CC, Donega MR. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbico e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. *Rev Paul Educ Fis* 1997;11:128-133.
25. Denadai BS, Greco CC, Teixeira M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10 - 12 years of different standards. *J Sports Sci* 2000;18:779-784.
26. Barsa E, Bianco A, Greco CC. Velocidade crítica, capacidade de trabalho anaeróbico e performance em nadadores de 10 a 15 anos. *Claretiano - Revista do Centro Universitário* 2001;1:164-173.
27. Freitas ADE, Greco CC, Gomide EBG, Souza W. Comportamento de variáveis técnicas e metabólicas e correlação com a performance em nadadores de 10 a 12 anos. *Claretiano - Revista do Centro Universitário* 2002;2:171-179.
28. Greco CC, Bianco A, Gomide E, Denadai BS. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. *Sci Sports* 2002;17:306-308.
29. Greco CC, Denadai BS, Peligrinotti IL, Freitas ADB, Gomide E. Anaerobic threshold and critical speed determined with different distances in swimmers aged 10 to 15 years: relationship with the performance and blood lactate response during endurance tests. *Rev Bras Med Esporte* 2003;9:1-7.
30. Greco CC, Denadai BS. Critical speed and endurance capacity in young swimmers: effects of gender and age. *Pediatr Exerc Sci* 2005;17:353-363.

31. Bonifazi M, Martelli G, Marudo L, Sardella F, Carli G. Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. *J Sports Med Phys Fitness* 1993;33:13-18.
32. Guglielmo LGA, Denadai BS. Validade do ergômetro de braço para a determinação do limiar anaeróbio e da performance aeróbia de nadadores. *Rev Port Cien Desp* 2001;1:7-13.
33. Melo JC, Altimari LR, Machado MV, Chacon-Mikahil MPT, Cyrino ES. Velocidade crítica, limiar anaeróbio e intensidade de nado na máxima fase estável de lactato sanguíneo em nadadores juvenis. *Lect Educ Fís Deportes* 2005;10:online.
34. Reilly T, Woodbridge V. Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. *Int J Sports Med* 1998;20:93-97.
35. Santos ILG, Papoti M, Gobatto CA, Zagatto AM. Relações entre o lactato mínimo e performance de nado crawl. *R Bras Ci Mov* 2005;13(Supl 1):72.
36. Bartholomeu-Neto JB, Pellegrinotti IL, Cielo FMBL, Luchiari R. Correlação entre os tempos obtidos na distância de 100, 200 e 400 metros e a velocidade crítica em nadadores de 13 a 16 anos. *R Bras Ci Mov* 2005;13(Supl 1):96.
37. Housh DJ, Housh TJ, Bauge SM. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. *Res Q Exerc Sport* 1990;61:406-409.

5 Conclusões

De acordo com os achados do presente estudo, podemos concluir que:

- A relação entre a VC e o LAn determinado a partir de concentrações fixas de lactato sanguíneo (4 mM ou 3,5 mM) foi dependente da distância empregada na determinação da VC;
- A combinação das diferentes distâncias influenciou nos valores de VC e na relação entre VC e o desempenho aeróbio, sobretudo quando foi utilizada uma distância menor na predição da VC;
- O número de coordenadas ($D_{lim}-t_{lim}$) não influenciou os valores de VC, assim como também não influenciou a relação entre VC e o desempenho de nadadores jovens, pelo menos quando foram empregadas maiores distâncias;
- A VC estimada a partir de distâncias maiores apresentou uma maior relação com a $VLac_{min}$;
- A VLAn 4 mM superestimou a intensidade de exercício correspondente a $VLac_{min}$;
- A escolha da concentração de lactato para a determinação do LAn parece interferir na relação com o desempenho aeróbio;
- A $VLac_{min}$ também apresentou ótima relação com o desempenho aeróbio em nadadores adolescentes.

Por fim, sugere-se que o LAn determinado a partir da concentração fixa de lactato de 3,5 mM, bem como, por meio dos métodos de Lac_{min} e VC obtidos a partir de distâncias maiores, podem ser utilizados para avaliação da capacidade aeróbia, e também para a predição de desempenho aeróbio em nadadores adolescentes.

Considerando que na natação, os atletas iniciam muito cedo os programas específicos e intensivos de treinamento, a utilização desses índices são extremamente importantes, uma vez que possibilitam ao treinador avaliar e prescrever adequadamente a intensidade do treinamento e controlar mais precisa e individualmente a carga de trabalho. Desta forma, poderá acompanhar os

efeitos obtidos ao longo da temporada, proceder aos ajustes necessários, além de fazer uma projeção do desempenho de seus atletas a partir da aplicação de equações de predição apresentadas para cada método, recursos estes já validados e divulgados pela literatura científica.

Estes trabalhos resultam de um esforço conjunto entre os treinadores e pesquisadores sensíveis as atuais necessidades do desporto contemporâneo, cujas ínfimas melhoras dos resultados competitivos passaram a ser o fator preponderante e determinante das equipes de alto desempenho nas diferentes modalidades desportivas rumo aos limites do rendimento humano.

Referências

ALMARWAEY, O.A.; JONES, A.M.; TOLFREY, K. Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. **Journal of Sports Sciences**, London, v.22, n.2, p.215-225, 2004.

ARMSTRONG, N.; WELSMAN, J.R. Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescents. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Baltimore, v.22, p.435-476, 1994.

ASTRAND, P.O.; RODAHL, K. **Textbook of Work Physiology**. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

BACON, L.; KERN, M. Evaluating a test protocol for predicting maximum lactate steady-state. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.39, n.4, p.300-308, 1999.

BALDARINI, C.; GUIDETTI, L. A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.32, n.10, p.1798-1802, 2000.

BARSA, E.; BIANCO, A.; GRECO, C.C. Velocidade crítica, capacidade de trabalho anaeróbio e performance em nadadores de 10 a 15 anos. **Claretiano - Revista do Centro Universitário**, Batatais, v.1, n.1, p.164-173, 2001.

BARTHOLOMEU-NETO, J.B.; PELLEGRINOTTI, I.L.; CIELO, F.M.B.L.; LUCHIARI, R. Correlação entre os tempos obtidos na distância de 100, 200 e 400 metros e a velocidade crítica em nadadores de 13 a 16 anos. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v.13, n.4 (supl), p.S96, 2005.

BASSET JR., D.R.; HOWLEY, E.T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.32, n.1, p.70-84, 2000.

BENEKE, R.; SCHWARZ, V.; LEITHÄUSER, R.; HÜTLER, M.; DUVILLARD, S.P. Maximal lactate steady state in children. **Pediatric Exercise Science**, Exeter, v.8, n.2, p.328-336, 1996.

BENEKE, R. Methodological aspects of maximal lactate steady state -- implications for performance testing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.89, n.1, p.95-99, 2003.

BERGMAN, B.C.; WOLFEL, E.E.; BUTTERFIELD, G.E.; LOPASHUCK, G.D.; CASAZZA, G.A.; HORNING, M.A.; BROOKS, G.A. Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.87, n.5, p.1684-1696, 1999.

BILLAT, V.L.; SLAWINSKI, J.; DANIEL, M. Effect of free versus constant-pace on performance and oxygen kinetics in running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.33, n.12, p.2082-2088, 2001.

BILLAT, V.L.; SIRVENT, P.; PY, G.; KORALSZTEIN, J-P. The concept of maximal lactate steady state. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.6, p.407-426, 2003.

BISHOP, D.; JENKINS, D.G.; HOWARD, A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. **International Journal of Sports Medicine**. Stuttgart, v.19, n.1, p.125-129, 1998.

BONIFAZI, M.; MARTELLI, G.; MARUDO, L.; SARDELLA, F.; CARLI, G. Blood lactate accumulation in top level swimmers following competition. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.33, n.1, p.13-18, 1993.

BROOKS, G.A. Anaerobic threshold: review of the concept and direction for future research. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.17, n.1, p.22-34, 1985.

BROOKS, G.A. Intra and extra cellular lactate shuttles. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.32, n.4, p.790-799, 2002.

BULL, A.J.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G. O.; PERRY, S. R. Effect of mathematical modeling on the estimation of critical power. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.32, n.2, p.526-530, 2000.

CALIS, J.F.F.; DENADAI, B.S. Influência das cargas selecionadas na determinação da potência crítica determinada no ergômetro de braço em dois modelos lineares. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.6, n.1, p.1-4, 2000.

CAPODAGLIO, P.; BAZZINI, G. Predicting endurance limits in arm cranking exercise with a subjectively based method. **Ergonomics**, Loughborough, v.39, n.7, p.924-932, 1996.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect of 6 weeks of endurance training on the lactate minimum speed. **Journal of Sports Sciences**, London, v.17, n.12, p.957-967, 1999a.

CARTER, H.; JONES, A.M.; DOUST, J.H. Effect of incremental test protocol on the lactate minimum speed. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.31, n.6, p.837-845, 1999b.

CONCONI, F.; FERRARI, M.; ZIGLIO, P.G; DROGUETTI, P.; CODEGA, L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, v.52, n.4, p.869-873, 1982.

COYLE, E.F. Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart disease patients. **Journal Applied Physiology**, Bethesda, v.54, n.1, p.18-23, 1983.

CUMMING, G.R.; HASTAMN, L.; McCORT, J. Treadmill endurance times, blood lactate and exercise blood pressures in normal children. BINKHORST, R.A.; KEMPER, H.C.G.; SARIS, W.H.M. Eds. **Children and exercise XI**. Human Kinetics: Champaign, IL., p.140-150, 1985.

CYRINO, E.S.; OKANO, A.H.; SILVA, K.E.S.; ALTIMARI, L.R.; DÓREA, V.R.; ZUCAS, S.M.; BURINI, R.C. Aptidão aeróbia e sua relação com os processos de crescimento e maturação. **Revista de Educação Física da Uem, Maringá-PR.**, v.13, n.1, p.17-26, 2002.

DEKERLE, J.; BARON, B.; DUPONT, L.; VANVELCENAHAR, J.; PELAYO, P. Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.89, n.3-4, p.281-288, 2003.

DEKERLE, J.; PELAYO, P.; CLIPET, B.; DEPRETZ, S.; LEFEVRE, T.; SIDNEY, M. Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.26, n.7, p.524-530, 2005.

DENADAI, B.S. Limiar Anaeróbio: considerações fisiológicas e metodológicas. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, Londrina, v.1, n.2, p.74-88, 1995.

DENADAI, B.S.; GRECO, C.C. Correlação entre a velocidade crítica e a velocidade de limiar anaeróbio com as performances nos 50, 100, 200 metros, em nadadores de 10 a 12 anos. **Revista da Associação dos Professores de Educação Física**, Londrina, v.12, n.1, p.3-41, 1997.

DENADAI, B.S.; GRECO, C.C.; DONEGA, M.R. Comparação entre a velocidade de limiar anaeróbio e a velocidade crítica em nadadores com idade de 10 a 15 anos. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.11, n.2, p.128-133, 1997.

DENADAI, B.S. **Avaliação aeróbia: determinação indireta da resposta do lactato sanguíneo**. Rio Claro: Motrix, 2000.

DENADAI, B.S.; GRECO, C.C.; TEIXEIRA, M. Blood lactate response and critical speed in swimmers aged 10 – 12 years of different standards. **Journal of Sports Sciences**, London, v.18, n.10, p.779-784, 2000.

DENADAI, B.S.; FIGUEIRA, T.R.; FAVARO, O.R.P.; GONÇALVES, M. Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. **Brazilian Journal Medicine Biology Research**, Ribeirão Preto, v.37, n.10, p.1551-1556, 2004.

DONAVAN, C.M.; BROOKS, G.A. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. **The American Journal of Physiology**, Washington, v.244, n.1, p.83-92, 1983.

ERICKSSON, B.O.; KARLSSON, J.; SALTIN, B. Muscle metabolites during exercise in pubertal boys. **Acta Paediatrica Scandinavica**, Stockholm, v.217, suppl.1, p.S154-S157, 1971.

ERICKSSON, B.O.; GOLLNICK, P.D.; SALTIN, B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11 – 13 years old. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.87, n.4, p.485-497, 1973.

ERICKSSON, B.O.; SALTIN, B. Muscle metabolites during exercise in boys aged 11 to 16 years compared to adults. **Acta Paediatrica Belgica**. Bruxelles, v.28, suppl.1, p.S3257-S265, 1974.

ERIKSSON, B.O. Muscle metabolism in children: a review. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.283, suppl.1, p.S20-S27, 1980.

EVERTSEN, F.; MEDBO, J.I.; BONEN, A. Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.173, n.2, p.195-205, 2001.

FARREL, P.A.; WILMORE, J.H.; COYLE, E.F.; BILLING, J.E.; COSTILL, D.L. Plasma lactate accumulation and distance running. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.11, n.4, p.338-344, 1979.

FREITAS, A.D.E.; GRECO, C.C.; GOMIDE, E.B.G.G.; SOUZA, W. Comportamento de variáveis técnicas e metabólicas e correlação com a performance em nadadores de 10 a 12 anos. **Claretiano - Revista do Centro Universitário**, Batatais, v.2, n.1, p.171-179, 2002.

FONTES, E.B.; BORGES, T.O.; ALTIMARI, L.R.; MELO, J.C.; OKANO, A.H.; CYRINO, E.S. Influência do número de coordenadas e da seleção de distâncias na determinação da velocidade crítica na canoagem de velocidade. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v.10, n.4 (supl), p.S161, 2002.

GAESSER, G.A.; CARNEVALE, T.J.; GARFINKEL, A.; WALTER, D.O.; WOMACK, C.J. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.27, n.10, p.1430-1438, 1995.

GLADDEN, L.B. Lactate uptake by skeletal muscle. **Exercise and Sports Science Review**. New York, v.17, p.115-155, 1989.

GOBATTO, C.A.; MELLO, M.A.; SIBUYA, C.Y. Maximal lactate steady state in rats submitted to swimming exercise. **Comparative Biochemistry Physiology and Molecular and Integrative Physiology**, Vancouver, v.130, n.1, p.21-27, 2001.

GORDON, C.C.; CHUMLEA, W.C.; ROCHE, A.F. Stature, recumbent length, weight. In: LOHMAN, T.G.; ROCHE, A.F.; MARTOREL, R., eds. **Anthropometric standardizing reference manual**. Champaign, Illinois: Human Kinetics Books, 1988. p.3-8.

GRECO, C.C.; BIANCO, A.; GOMIDE, E.; DENADAI, B.S. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10-15 years. **Science and Sports**, Paris, v.17, n.6, p.306-308, 2002a.

GRECO, C.C.; DENADAI, B.S.; PELLEGRINOTTI, I.L.; FREITAS, A.B. GOMIDE, E. Velocidade crítica, limiar anaeróbico e lactato sanguíneo em testes de endurance em nadadores de 10 a 12 anos. CONGRESSO CIENTÍFICO LATINO-AMERICANO DA FIEP – UNIMEP, 2.,

2002, Piracicaba. **Anais do 2º Simpósio Científico Cultural em Educação Física e Esportes Brasil/Cuba**: Gráfica e Editora Expresso, 2002b, Piracicaba. p.268-272.

GRECO, C.C.; DENADAI, B.S.; PELIGRINOTTI, I.L.; FREITAS, A.B., GOMIDE, E. Limiar anaeróbio e velocidade crítica determinada com diferentes distâncias em nadadores de 10 a 15 anos: Relações com a performance e a resposta do lactato sanguíneo em testes de endurance. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v.9, n.1, p.1-7, 2003.

GRECO, C.C.; DENADAI, B.S. Critical speed and endurance capacity in young swimmers: effects of gender and age. **Pediatric Exercise Science**, Exeter, v.17, n.4, p.353-363, 2005.

GUGLIELMO, L.G.A.; DENADAI, B.S. Validade do ergômetro de braço para a determinação do limiar anaeróbio e da performance aeróbia de nadadores. **Revista Portuguesa de Ciência do Desporto**, Porto, v.1, n.3, p.7-13, 2001.

HAY, J.G. **Biomecânica das técnicas desportivas**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1981.

HECK, H.; MADER, A.; HESS, G.; MÜCKE, S.; MÜLLER, R.; HOLLMANN, W. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.3, p.117-130, 1985.

HILL, D.W.; FERGUSON, C.S. A physiological description of critical velocity. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.79, n.3, p.290-293, 1999.

HILL, D.W. The critical power concept. **Sports Medicine**, Auckland, v.16, n.4, p.237-254, 1993.

HILL, D.W.; STEWARD, R.P.; LANE, C.J. Application of the critical power concept to young swimmers. **Pediatric Exercise Science**, Exeter, v.7, n.3, p.281-293, 1995.

HIYANE, W.; SIMÕES, H.G.; GRACINDA, M.; PARDONO, E.; SOTERO, R.; CAMPBELL, C.S.G. A velocidade crítica superestima a velocidade correspondente ao ponto de equilíbrio entre produção e remoção de lactato sanguíneo. XXVII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2004, São Paulo. **Anais do XXVII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, 2004, São Paulo. p.45.

HOLLMANN, W. The relationship between pH, lactic acid, potassium in the arterial and venous blood and the ventilation. In: PANAMERICAN CONGRESS FOR SPORTS MEDICINE, 1959, Chicago. **Abstract Book of the Panamerican Congress for Sports Medicine**, Chicago, 1959. p.120.

HOPKINS W.G.; EDMOND I.M.; HAMILTON B.H.; MACFARLANE D.J.; ROSS B.H. Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. **Ergonomics**, Loughborough, v.32, n.12, p.1565-1571, 1989.

HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; SONJA, BAUGE, S.M. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, Washington, v.61, n.4, p.406-409, 1990.

HOUSH, D.J.; HOUSH, T.J.; BAUGE, S.M. A methodological consideration for determination of critical power and anaerobic work capacity. **Research Quarterly for Exercise Sport**, Washington, v.61, n.4, p.193-203, 1986.

IMBAR, O.; BAR-OR, O. Anaerobic characteristics in male children and adolescents. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.18, n.3, p.264-269, 1986.

IVY, J.L.; WITHERS, R.T.; van HAENDEL, P.J.; ELGER, D.H.; COSTILL, D.L. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.48, n.3, p.523-527, 1980.

JENKINS D.G.; QUIGLEY, B.M. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.61, n.4, p.278-283, 1990.

JENKINS D.; KRETEK K.; BISHOP D. The duration of predicting trials influences time to fatigue at critical power. **Journal of Science Medicine and Sport**, Belconnen, v.1, n.4, p.213-218, 1998.

JONES, A.M.; DOUST, J.H. The validity of the lactate minimum test for determination of the maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.30, n.8, p.1304-1313, 1998.

KINDERMAN, W.; SIMON, G.; KEUL, J. The significance of the aerobic-anaerobic transitions for determination of workload intensities during endurance training. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.42, n.1, p.25-34, 1979.

KLISSOURAS, V. Heritability of adaptive variation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.31, n.3, p.338-344, 1971.

KLISSOURAS, V.; PIRNAY, F.; PETIT, J.M. Adaptation to maximal effort: genetics and age. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.35, n.2, p.288-293, 1973.

KOKUBUN, E. Velocidade crítica como estimador do limiar anaeróbio na natação. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.10, n.1, p.5-20, 1996.

KRANENBURG K.J.; SMITH, D.J. Comparison of critical speed determined from track running and treadmill tests in elite runners. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.28, n.5, p.614-618, 1996.

KROTKIEWSKI, M.; KRAL, J.G.; KARLSSON, J. Effects of castration and testosterone substitution on body composition and muscle metabolism in rats. **Acta Physiologica Scandinavica**, Stockholm, v.109, n.3, p.233-237, 1980.

LAVOIE, J.M.; NADEAU, M. A natação. In: NADEAU, M.; PERONNET, F. **Fisiologia aplicada na atividade física**. São Paulo: Manole, 1985. p.95-106.

LOKKEGAARD, J.; PEDERSEN, P.K.; JUEL, C. Maximal lactate steady-state and their relationship with muscle buffering capacity and lactate transporters. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.33, suppl.1, p.S15-S30, 2001.

LONDEREE, B.R.; AMES, S. Maximal steady-state versus state of conditioning. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.34, n.4, p.269-278, 1975.

MADER, A.; LIESEN, H.; HECK, H.; PHILIPPI, H.; SCHÜRCH, P. M.; HOLLMANN, W. Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit. **Sportarzt Sportmed**, Berlin, v.27, n.4, p.80-88, 1976.

MADER, A.; HECK, H.; HOLLMANN, W. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle distance runners and swimmers. **Axer Physiology**, Berlin, v.4, n.1, p.187-194, 1978.

MARGARIA, R.; CERRETELLI, P.; MANGILI, F. Balance and kinetics of anaerobic energy release during strenuous exercise in man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.19, n.8, p.623-628, 1963.

MAZZEO, R.S.; MARSHALL, P. Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.67, n.4, p.1319-1322, 1973, 1989.

MELO, J.C.; ALTIMARI, L.R.; MACHADO, M.V.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; CYRINO, E.S. Velocidade crítica, limiar anaeróbio e intensidade de nado na máxima fase estável de lactato sanguíneo em nadadores juvenis. **Lecturas Educacion Física y Deportes**, Buenos Aires, v.10, n.89, p.on-line, 2005.

MELO, J.C.; ALTIMARI, L.R.; MORAES, A.C.; BANKOFF, A.; MACHADO, M.V.; OKANO, R.; OKANO, A.H.; FONTES, E.B.; GASSI, E.; SANTOS, C.F.; CHACON-MIKAHIL, M.P.T.; CYRINO, E. S. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state in adolescent swimmers?. In: ANNUAL CONGRESS OF THE EUROPEAN COLLEGE OF SPORT SCIENCE, 2003, Salzburg. **Abstract Book of the 8th Annual Congress of the European College of Sport Science**, Salzburg, 2003. p.267.

MOCELLIN, R.; HEUSGEN, M.; KORSTEN-RECK, U. Maximal steady state blood lactate levels in 11-year-old boys. **European Journal of Pediatrics**, Berlin, v.149, n.11, p.771-773, 1990.

MOCELLIN, R.; HEUSGEN, M.; GILDEN, H.P. Anaerobic threshold and maximal steady-state blood lactate in prepubertal boys. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.62, n.1, p.56-60, 1991.

MONOD, H.; SHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, Loughborough, v.8, n.3, p. 329-338, 1965.

MORITANI, T.; NAGATA, A.; deVRIES, H.; MURO, M. Critical Power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. **Ergonomics**, Loughborough, v.24, n.5, p.339-350, 1981.

OLBRECHT, J.; MADSEN, O.; MADER, A.; LIESEN, H.; HOLLMAN, W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.2, p.74-77, 1985.

OVEREND, T.J.; CUNNINGHAM, D.A., PATERSON, D.H., SMITH, W.D. Physiological responses of young and elderly men to prolonged exercise at critical power. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.64, n.2, p.187-193, 1992.

PARDONO, E.; SOTERO, R.C.; CAMPBELL, C.S.G.; SIMÕES, H.G. Lactato mínimo e função polinomial: redução do número de coletas sanguíneas utilizando-se da percepção subjetiva de esforço. XXVII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2004, São Paulo. **Anais do XXVII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, 2004, São Paulo. p.47.

PATERSON, D.H.; CUNNINGHAM, D.A.; BUMSTEAD, L.A. Recovery O₂ and blood acid: longitudinal analysis in boy aged 11 to 15 years. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.55, n.1, p.93-99, 1986.

PFITZINGER, P.; FREEDSON, P. Blood lactate responses to exercise in children: part 1. peak lactate concentration. **Pediatric Exercise Science**, Exeter, v.9, n.2, p.210-222, 1997a.

PFITZINGER, P.; FREEDSON, P. Blood lactate responses to exercise in children: part 2. peak lactate concentration. **Pediatric Exercise Science**, Exeter, v.9, n.2, p.299-307, 1997b.

PYNE, D.B.; LEE, H.; SWANWICK, K.M. Monitoring the lactate threshold in world ranked swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.33, n.2, p.291-297, 2001.

REILLY, T.; WOODBRIDGE, V. Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.20, n.2, p.93-97, 1998.

RIBEIRO, J.P.; SADAVID, E.; BAENA, J.; MONSALVET, E.; BARNA, A.; DE ROSE, E.H. Metabolic predictions of middle-distance swimming performance. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.24, n.2, p.196-200, 1990.

RIBEIRO, L.; BALAKIAN, P.; MALACHIAS.; BALDISSERA, V. Stage length, spline function and lactate minimum swimming speed. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.43, n.3, p.312-318, 2003.

RIBEIRO, L.; BALDISSERA, V.; BALAKIAN, P.; SOARES, A.R. Limiar anaeróbio em natação: comparação entre diferentes protocolos. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.18, n.2, p.201-212, 2004a.

RIBEIRO, L.; LIMA, M.; BRAMBILLA, F.; BALIKIAN, P.; GOBATTO, C.A. Respostas fisiológicas, mecânica de nado e percepção subjetiva de esforço durante natação em velocidade crítica. XXVII SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 2004, São Paulo. **Anais do XXVII Simpósio Internacional de Ciências do Esporte**, 2004b, São Paulo. p.312b.

RODRIGUEZ, F.A.; MORENO, D.; KESKINEN, K.L. Validity of a two – distance simplified testing method for determining critical swimming velocity. In: Chatard, J.C. (ed). **Biomechanics and Medicine in Swimming IX**. Saint-Etienne: University of Saint Etienne, 2003. p.385-390.

SALTIN, B.; STRANGE, S. Maximal oxygen uptake: old and new arguments for a cardiovascular limitation. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.24, n.1, p.30-37, 1992.

SANTOS, L.L.G.; PAPOTI, M.; GOBATTO, C.A.; ZAGATTO, A.M. Relações entre o lactato mínimo e performance de nado crawl. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, Brasília, v.13, n.4, (supl), p.S72, 2005.

SCHNÄBEL, A.; KINDERMANN, W.; SCHMITT, W.M. Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.3, n.3, p.163-168, 1982.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; BALDISSERA, V.; DENADAI, B.S.; KOKUBUN, E. Determinação do limiar anaeróbio por meio de dosagens glicêmicas e lactacidêmicas em testes de pista para corredores. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.12, n.1, p.17-30, 1998.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; KOKUBUN, E.; DENADAI, B.S.; BALDISSERA, V. Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.80, n.1, p.34-40, 1999.

SIMÕES, H.G.; CAMPBELL, C.S.G.; TANGO, M.L.L.; MELLO, F.; MAZIERO, D.C.; BALDISSERA, V. Lactate minimum test in swimming: relationship to performance and maximal lactate steady state. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.32, n.5 (suppl), p.S161, 2000.

SJODIN, B.; JACOBS, I. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.2, n.1, p.23-26, 1981.

SKINNER, J. The new, metal-plated assistant coach. **Swimming Technique**, v.24, n.3, p.7-12, 1987.

SMITH, D.J.; NORRIS, S.R.; HOGG, J.M. Performance evaluation of swimmers: scientific tools. **Sports Medicine**, Auckland, v.32, n.9, p.539-554, 2002.

SOBRAL, F. **Adolescente atleta**. Lisboa: Livros Horizonte, 1988.

STEGMANN, H.; KINDERMANN, W.; SCHINABEL, A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.2, n.3, p.160-165, 1981.

SVEDAHL, K.; MACINTOSH, B.R. Anaerobic threshold: the concept and methods of measurement. **Canadian Journal Applied Physiology**, Champaign, v.28, n.2, p.299-323, 2003.

TANAKA, K.; MATSUURA, Y. Marathon performance, anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v.57, n.3, p.640-643, 1984.

TANAKA, H.; SHINDO, M. Running velocity at blood lactate threshold of boys aged 6-15 years compared with untrained young males. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.6, n.2, p.90-94, 1985.

TEGTBUR, U.; BUSSE, M.W.; BRAUMANN, K.M. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v.25, n.5, p.620-627, 1993.

TOLFREY, K.; ARMSTRONG, N. Child-adult differences in whole blood lactate responses to incremental treadmill exercise. **British Journal of Sports Medicine**, London, v.29, n.3, p.196-199, 1995.

TOMKINSON, G.R.; LEGER, L.A.; OLDS, T.S.; CAZORLA, G. secular trends in the performance of children and adolescents (1980-2000): an analysis of 55 studies of the 20m shuttle run test in 11 countries. **Sports Medicine**, Auckland, v.33, n.4, p.285-300, 2003.

TOURINHO FILHO, H.; TOURINHO, L.S.P.R. Crianças, adolescentes e atividade física: aspectos maturacionais e funcionais. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v.12, n.1, p.71-84, 1998.

VANDEWALLE, H.; KAPITANIAK, B.; GRÜN, S.; RAVENEAU, S.; MONOD, H. Comparison between a 30-s all-out test and time-work test on a cycle ergometer. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v.58, n.4, p.375-381, 1989.

VANDEWALLE, H.; VAUTIER, J.F.; KACHOURI, M.; LECHEVALIER, J.M.; MONOD H. Work-exhaustion time relationships and the critical power concept: a critical review. **The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness**, Torino, v.37, n.2, p.89-102, 1997.

WAKAYOSHI, K.; ILKUTA, K.; YOSHIDA, T. Determination and validity of critical velocity speed as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.64, n.2, p.153-157, 1992a.

WAKAYOSHI, K.; YOSHIDA, T.; UDO, M.; KASAI, T.; MORITANI, T.; MUTOH, Y.; MIYASHITA, M. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.13, n.5, p.367-371, 1992b.

WAKAYOSHI, K., YOSHIDA, T., UDO, M., HARADA, T.; MORITANI, T., MUTOH, Y., MIYASHITA, M. Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady state? **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.66, n.1, p.90-95, 1993.

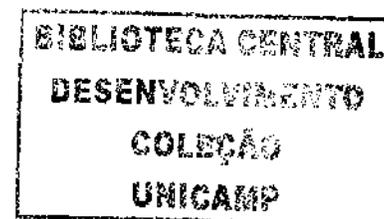
WAKAYOSHI, K.; ACQUISTO, L.J.D.; CAPPAERT, J.M.; TROUP, J.P. Relationship between oxygen uptake, stroke rate and swimming velocity in competitive swimming. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.16, n.1, p.19-23, 1995.

WALSH, M.L. Whole body fatigue and critical power: a physiological interpretation. **Sports Medicine**, Auckland, v.29, n.3, p.153-166, 2000.

WASSERMAN, K.; McLLORY, M.B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. **The American Journal of Cardiology**, Dallas, v.14, n.8, p.844-852, 1964.

WELTMAN, A.; SNEAD, D.; STEIN, P.; SEIP, R.; SCHURRER, R.; RUTT, R.; WELTMAN, J. Reliability and validity of continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentrations, and VO_2 max. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v.11, n.1, p.26-32, 1990.

WELTMAN, A. **The blood lactate response to exercise**. Champaign: Human Kinetics, 1995.



WILLIAMS, J. R.; ARMSTRONG, N. Relationship of maximal lactate steady state to performance at fixed blood lactate reference values in children. **Pediatric Exercise Science**, Exeter, v.3, n.4, p.333-341, 1991.

YOSHIDA, T. Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.53, n.3, p.196-199, 1984.

YOSHIDA, T.; UDO, H.; IWAI, K.; CHIDA, M.; ICHIOCKA, M.; NAKADOMO, F.; YAMAGUCHI, T. Significance of contribution of aerobic and anaerobic components to several distance running performance in female athletes. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Berlin, v.60, n.4, p.249-253, 1990.

APÊNDICES

APÊNDICE A. Termo de consentimento livre e esclarecido

PROJETO: SENSIBILIDADE DE DIFERENTES PROTOCOLOS DE DETERMINAÇÃO DO LIMIAR ANAERÓBIO AOS EFEITOS DO TREINAMENTO EM NADADORES ADOLESCENTES.

FACULDADE DE EDUCAÇÃO FÍSICA - UNICAMP

RESPONSÁVEL PELO PROJETO: (Mestranda) Juliana Cordeiro de Melo

ORIENTADORA: Profa. Dra. Mara Patrícia Traina Chacon-Mikahil

LOCAL DO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO: Os testes de determinação do limiar anaeróbio serão realizados em piscinas usualmente utilizadas para o treinamento nos clubes avaliados e Faculdade de Educação Física da UNICAMP.

Eu, _____, RG _____, residente à Rua (Av.) _____, cidade _____, responsável pelo menor _____ RG _____, nascido em _____ voluntariamente autorizo a participação de meu _____ junto ao projeto de pesquisa acima mencionado, que será detalhado a seguir, sabendo que para sua realização as despesas monetárias serão de responsabilidade da instituição de pesquisa responsável pelo projeto.

É de meu conhecimento que este projeto será desenvolvido em caráter de pesquisa científica e objetiva verificar as respostas fisiológicas a que se propõe, durante atividades de rotina que compõem o programa de treinamento que estou rotineiramente desenvolvendo em meu clube, dentro das determinações de minha equipe técnica e da federação desportiva a que pertença.

Alguns esclarecimentos sobre o projeto

Em crianças e adolescentes existem muito poucos estudos que analisaram algumas variáveis como a resposta do organismo ao lactato sanguíneo e as formas não-invasivas (que não envolvem perfuração e a coleta de sangue) de determina-lo durante o exercício. Estas variáveis podem ser utilizadas na avaliação do nível de condicionamento, na prescrição do treinamento, na verificação dos efeitos do treinamento, e na predição do desempenho, sinalizando ser interessante a análise da validade do emprego de diferentes protocolos de determinação do LAn em adolescentes, nas diferentes fases de um programa de treinamento, o que possibilitaria um maior controle das cargas de treino nesta população específica.

Portanto, dentre os objetivos deste estudo estão a verificação da validade e da sensibilidade da determinação em nadadores adolescentes do limiar anaeróbio, determinado de

forma invasiva (limiar anaeróbio de 4 mM e lactato mínimo, que necessitam de coleta de sangue, com incisão mínima no lóbulo da orelha, mediante assepsia prévia e aplicação de vasodilatador local cutâneo) e não-invasiva (velocidade crítica, que não necessita de coleta de sangue). É interessante verificar a possibilidade da utilização da velocidade crítica no controle dos efeitos do treinamento, uma vez que esse é um método não invasivo, de fácil aplicação e baixo custo operacional.

Procedimentos experimentais não invasivos

Avaliação Antropométrica - Medida da massa corporal (balança mecânica), estatura de acordo com procedimentos padronizados internacionalmente.

Determinação da Velocidade Crítica (VC) - Serão realizados tiros máximos nas distâncias de 100, 200 e 400 m nado "crawl", registrando-se os respectivos tempos, sendo uma tentativa por sessão de treinamento, intervalada por 24 horas. A VC será determinada através da inclinação (b) da reta de regressão linear entre as distâncias e seus respectivos tempos obtidos em cada repetição (WAKAYOSHI et al. 1992).

Procedimentos experimentais invasivos

Determinação da Velocidade no Limiar Anaeróbio (VLA_n) - Será determinada através da metodologia proposta por MADER et al. (1976), utilizando-se uma concentração fixa de 4 mM de lactato sanguíneo. Serão realizadas duas repetições de 200 m nado "crawl", sendo a primeira a 85%, e a segunda a 100% da velocidade máxima para a distância, com intervalo de 30 minutos entre as repetições. Imediatamente após, no terceiro e no quinto minuto da realização de cada tiro, serão coletados aproximadamente 25 µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha, através de um capilar heparinizado e calibrado. As velocidades médias correspondentes a concentração de 4 mM serão determinadas por interpolação linear entre a mais alta concentração de lactato de cada tiro e suas respectivas velocidades.

Determinação da Velocidade de Lactato Mínimo (VLac_{min}) - Será utilizada adaptação do protocolo proposto por Tegbur et al. (1993) para corredores, conforme sugerido por Ribeiro et al. (2004). Inicialmente os indivíduos realizarão dois esforços máximos de 50 m no estilo crawl, com intervalo de 1 minuto entre os mesmos, para a indução de considerável acúmulo de lactato na corrente sanguínea (acidose láctica). Após período de recuperação passiva de 8 minutos, os voluntários iniciarão um protocolo de exercício incremental com estágios de 300 m, sendo a velocidade inicial variando entre 1,05 e 1,25 m.s⁻¹ e incrementos de 0,05 m.s⁻¹ a cada repetição até a exaustão (RIBEIRO et al., 2003). A velocidade inicial será escolhida por cada indivíduo de forma que estes realizem de quatro a seis esforços. No sétimo minuto após a indução da acidose láctica e imediatamente após cada repetição durante a fase incremental serão coletados aproximadamente 25 µl de sangue arterializado do lóbulo da orelha, através de um capilar heparinizado e calibrado, para a determinação da lactacidemia, como descrito posteriormente.

Direitos e riscos dos voluntários do projeto

Todos os voluntários submetidos aos testes terão acesso aos seus dados, assim como os resultados finais. As informações atualizadas serão fornecidas durante o estudo, mesmo que possa afetar a vontade do indivíduo em continuar participando da pesquisa. Nenhum resultado será divulgado ou levado ao conhecimento de pessoas estranhas aos Laboratórios de Atividade Física e Performance Humana e Fisiologia do Exercício da Faculdade de Educação Física da UNICAMP, sem a autorização expressa do voluntário ou responsável. Todo participante poderá abandonar os testes a qualquer momento, sem prestar qualquer tipo de esclarecimento, mas devendo comunicar sua decisão ao responsável pelo projeto o quanto antes. Os resultados dos testes poderão ser utilizados somente para pesquisa e em seus objetos de divulgação (publicações científicas), sendo assegurado o anonimato do avaliado.

Os riscos pertinentes ao protocolo de avaliação são aqueles inerentes a qualquer prática de exercícios extenuantes, a que os atletas voluntários estão acostumados a realizar na rotina de treinos. Estes riscos serão esclarecidos anteriormente a aplicação dos testes, e a qualquer momento pela equipe de pesquisadores responsáveis. Com relação aos procedimentos de coleta de amostras de sangue, a segurança será garantida pelo domínio da técnica de coleta da equipe de pesquisadores, bem como pelo uso da assepsia e de materiais descartáveis e individuais, minimizando quaisquer riscos de contaminação, dor ou hematoma no local da punção.

Assim, após a leitura deste termo, e do entendimento dos procedimentos que serão executados, eu e o menor a quem sou responsável concordamos na participação deste na coleta de dados deste projeto, bem como autorizamos a publicação dos resultados na literatura especializada.

Campinas, de de 2005.

Assinatura do Pai ou Responsável

Assinatura do Atleta

Responsável - Juliana Cordeiro de Melo

Orientadora - Profa. Mara P. T. C. Mikahil

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
Caixa Postal 6111
13083-970 Campinas, SP
Fone: (019) 3788-8936
Fax: (019) 3788-8925
cep@fcm.unicamp.br

ANEXOS

ANEXO 1. Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa



CEP, 27/07/05.
(Grupo III)

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
☒ Caixa Postal 6111, 13083-970 Campinas, SP
☎ (0_19) 3788-8936
☎ FAX (0_19) 3788-7167
🌐 www.fcm.unicamp.br/pesquisa/etica/index.html
✉ cep@fcm.unicamp.br

PARECER PROJETO: Nº 162/2005
CAAE: 0010.0.146.000-05

I-IDENTIFICAÇÃO:

PROJETO: "SENSIBILIDADE DE DIFERENTES PROTOCÓLOS DE DETERMINAÇÃO DO LIMAR ANAERÓBIO AOS EFEITOS DO TREINAMENTO EM NADADORES ADOLESCENTES"
PESQUISADOR RESPONSÁVEL: Juliana Cordeiro de Melo
INSTITUIÇÃO: Faculdade de Educação Física
APRESENTAÇÃO AO CEP: 20/04/2005
APRESENTAR RELATÓRIO EM: 28/06/06

II - OBJETIVOS

Comparar diferentes protocolos de determinação de limiar anaeróbico e sensibilidade dos métodos aos efeitos do treinamento em nadadores adolescentes.

III - SUMÁRIO

As amostras serão constituídas de 20 nadadores do sexo masculino com idade entre 15 e 20 anos. Cada um terá avaliado sua massa corporal e estatura. Os protocolos para avaliação do limiar anaeróbico serão aplicados antes do início dos macrociclo e ao final de cada etapa de macrociclos. Todas as etapas terão duração de 4 semanas totalizando dezesseis semanas de treinamento.

IV - COMENTÁRIOS DOS RELATORES

O projeto contém todas as informações no que se referem aos aspectos éticos e de participação dos sujeitos da pesquisa, com base nas Resoluções 196/96 e 251/97. Foi adequado o esclarecimento do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e anexado a carta de responsabilidade do médico que supervisionará o estudo.

V - PARECER DO CEP

O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências Médicas da UNICAMP, após acatar os pareceres dos membros-relatores previamente designados para o presente caso e atendendo todos os dispositivos das Resoluções 196/96 e complementares, bem como ter

ANEXO 1. Continuação - Carta de aprovação do comitê de ética em pesquisa

aprovado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assim como todos os anexos incluídos na Pesquisa, resolve aprovar sem restrições o Protocolo de Pesquisa supracitado.

O conteúdo e as conclusões aqui apresentados são de responsabilidade exclusiva do CEP/FCM/UNICAMP e não representam a opinião da Universidade Estadual de Campinas nem a comprometem.

VI - INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

O sujeito da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (Res. CNS 196/96 – Item IV.1.f) e deve receber uma cópia do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (Item IV.2.d).

Pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delimitada no protocolo aprovado e descontinuar o estudo somente após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou (Res. CNS Item III.1.z), exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao sujeito participante ou quando constatar a superioridade do regime oferecido a um dos grupos de pesquisa (Item V.3.).

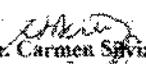
O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo (Res. CNS Item V.4.). É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas. Em caso de projeto do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial (Res. 251/97, Item III.2.e)

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, de acordo com os prazos estabelecidos na Resolução CNS-MS 196/96

VII - DATA DA REUNIÃO

Homologado na VII Reunião Ordinária do CEP/FCM, em 26 de julho de 2005.


Prof. Dr. Carmen Silvia Bertuzzo
 PRESIDENTE DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
 FCM / UNICAMP